

---

Gestão da Água em Piscinas Municipais

**Patrícia Cristina Neta de Matos**

---

Dissertação

Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente

---

Orientado por

**Professor Doutor Nuno Eduardo Malheiro Magalhães Esteves Formigo**

**Professora Doutora Maria Cristina Guimarães Guerreiro Chaves**

---

2018

## Nota biográfica

Patrícia Cristina Neta de Matos, nascida a 26 de maio de 1993 e natural da Póvoa de Varzim.

No ano de 2015 licenciou-se em Saúde Ambiental pelo Instituto Politécnico de Coimbra (IPC) na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra (ESTeSC).

Durante o 4º ano de licenciatura realizou o estágio curricular em diferentes áreas e locais, nomeadamente: Centro Hospitalar de São João na unidade de Saúde Ocupacional; Centro de Saúde de Aveiro na unidade de Saúde Pública e, no âmbito do programa ERASMUS+ na *University of Applied Health Sciences* em Zagreb, Croácia.

Terminada a licenciatura, candidatou-se nesse mesmo ano ao Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente na Faculdade de Economia da Universidade do Porto.

Em dezembro de 2015 apresentou o artigo de investigação “Evolution of municipal waste in the EU - Portugal, Croatia and Netherlands” na *3rd International Conference on Environment Pollution and Prevention* realizada no Dubai e em 2016 publicou o mesmo no *International Journal of Environmental Science and Development (IJESD)*.

É reconhecida pela Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT) como Técnica Superior de Segurança no Trabalho, com o Título Profissional n.º 12541601ET6.

Atualmente desempenha funções na área de gestão do ambiente, mais concretamente numa empresa Especialista em Tratamento de Águas.

## Agradecimentos

Porque na vida nada se constrói sozinho, dedico a minha dissertação a todos aqueles, que foram o alicerce para que esta caminhada fosse possível.

Aos meus orientadores, Professora Cristina Chaves e Professor Nuno Formigo, o meu sincero agradecimento por todas as palavras, de alento e motivação, que me fizeram nunca desistir.

À Aquaquímica, e em especial o Eng.º Bravo Lima, pelo apoio incondicional e pelo sábio ensinamento que me transmitiu ao longo deste percurso.

À Câmara Municipal da Póvoa de Varzim e ao Varzim Lazer pela oportunidade que me deram para a realização deste estudo, e em particular ao Eng.º Antonino Pereira pela sua prontidão.

Aos meus amigos, por estarem sempre presentes. Um agradecimento especial, aos colegas que o MEGA me deu a conhecer. Foram, sem dúvida, uns bons tripulantes desta maravilhosa viagem.

À minha família, em especial aos meus pais e ao meu irmão que, sem dúvida, foram e são para sempre o meu pilar.

*Um bem-baja, à VIDA!*

## Resumo

Várias regiões do mundo estão a enfrentar graves períodos de escassez hídrica, muito devido à assimetria da disponibilidade espacial e temporal deste bem precioso que é a água. Desta forma, é imperativo repensar nas mais diversas formas que estão ao nosso alcance para combater o desperdício de água.

Esta dissertação tem como objetivo compreender os processos aplicados na gestão de água das piscinas do Município da Póvoa de Varzim. Mais precisamente, procurou caracterizar-se o consumo global de água e quais as medidas que podem ser aplicadas para um uso eficiente deste recurso, nomeadamente a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e o reaproveitamento, para rega, da água de lavagem dos filtros das piscinas.

Analisou-se a viabilidade económica e financeira da implementação destas medidas para a redução do consumo de água potável, tendo-se verificado que com a sua aplicação se consegue diminuir drasticamente aquele consumo que, posteriormente, se traduz em poupança em termos económicos. Através de uma metodologia de análise de projectos, mediante o cálculo específico do Valor Atual Líquido (VAL), constatou-se que ambos os projetos de investimento são rentáveis para o Complexo das Piscinas Municipais.

Uma vez que os estudos realizados sobre a eficiência hídrica ou sobre as diferentes formas de reaproveitar a água são muito escassos, neste caso específico, parece-nos que esta investigação trará uma mais-valia para a literatura sobre a temática em causa.

**Palavras-chave:** Águas Pluviais, Análise Económica, Eficiência Hídrica, Legislação, Piscinas Municipais.

**Códigos-JEL:** F64; G11; I18; Q25; Q28; Q55.

## **Abstract**

Several regions of the world are facing severe periods of water scarcity, largely due to the spatial and temporal asymmetry of the availability of this precious resource. In this way, it is imperative to rethink the various ways that we can use to fight water waste.

This dissertation aims to understand the water management processes applied in the pools of the Municipality of Póvoa de Varzim. More precisely, it seeks to characterize the global water consumption and the measures that can be applied for an efficient use of water, namely the implementation of a rainwater harvesting system and the reuse of washing water from swimming pool filters in the surrounding lawns.

The economic and financial feasibility of implementing these measures to reduce drinking water consumption was analyzed. It was verified that with the application of these projects it is possible to drastically reduce the consumption, which later translates into savings in economic terms. Through the NET - Net Present Value methodology, it was verified that both investment projects are profitable for the Complex of Municipal Pools.

This research is of particular importance as studies on water efficiency or on different ways of reusing water are scarce.

**Key-words:** Rainwater, Economic Analysis, Water Efficiency, Legislation, Municipal Pools.

**JEL-codes:** F64; G11; I18; Q25; Q28; Q55.

## Índice

Nota biográfica .....	i
Agradecimentos .....	ii
Resumo .....	iii
Abstract .....	iv
Capítulo 1. Introdução.....	1
Capítulo 2. Enquadramento.....	4
2.1. Disponibilidade de Água na Terra .....	4
2.1.1. Água: condição do recurso, procura e acesso .....	4
Capítulo 3. Importância da Eficiência Hídrica .....	7
3.1. Aproveitamento de Águas Pluviais.....	8
3.1.1. Evolução Histórica .....	8
3.1.2. Qualidade da água pluvial .....	9
3.1.3. Enquadramento legal e normativo .....	12
Capítulo 4. Piscinas.....	14
4.1. Evolução das Piscinas ao Longo do Tempo .....	14
4.2. Tratamentos da Água e Potenciais Riscos para a Saúde Pública.....	17
4.2.1. Circuito da Água de uma Piscina.....	21
Capítulo 5. Caso de Estudo: Piscinas Municipais da Póvoa de Varzim .....	23
5.1. Descrição das Piscinas Municipais da Póvoa de Varzim.....	23
5.2. Avaliação do Consumo Global de Água nas Instalações .....	25
5.3. Área de Captação .....	26
5.4. Pluviosidade na Póvoa de Varzim .....	27
Capítulo 6. Dimensionamento do Projeto.....	28
6.1. Aproveitamento da água pluvial para as instalações .....	28
6.2. Reaproveitamento da água de lavagem dos filtros para rega .....	37
Capítulo 7. Análise e Viabilidade Económica.....	41
7.1. Análise económica para o aproveitamento da água pluvial .....	41
7.2. Análise económica para o reaproveitamento de água para rega.....	50
Capítulo 8. Conclusão .....	56
Referências bibliográficas .....	58
Anexos.....	65
Anexo I .....	65

Anexo II.....	75
Anexo III - Custo de Investimento para ETA de 2,5 m <sup>3</sup> /h.....	80
Anexo IV - Horário Energético do Complexo das Piscinas Municipais PVZ.....	81
Anexo V - Média ponderada das horas de funcionamento da ETA: 5 m <sup>3</sup> /h.....	81
Anexo VI - Média do volume de água aproveitada mensalmente, desde 1986-2016, em m <sup>3</sup> , com o Coeficiente de Run-off.....	81
Anexo VII - Croquis do Projeto do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais.....	82

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Variação da qualidade de água pluvial em função da área de captação.....	11
Tabela 2 - Métodos de desinfecção utilizados na água das piscinas.....	18
Tabela 3 - Características das Piscinas .....	23
Tabela 4 - Tratamento da água nas Piscinas Municipais da PVZ.....	24
Tabela 5 - Tarifário do consumo de água das Piscinas Municipais da PVZ .....	26
Tabela 6 - Coeficientes de Run-off.....	28
Tabela 7 - Média da precipitação mensal desde 1986-2016, em mm e m <sup>3</sup> (desde 1986-2016) .....	29
Tabela 8 - Média da precipitação aproveitada diariamente/mês, em m <sup>3</sup> , utilizando o coeficiente de Run-off (desde 1986-2016) .....	29
Tabela 9 - Evapotranspiração da Póvoa de Varzim de 2015-2017 .....	38
Tabela 10 – Dados sobre os filtros das piscinas .....	39
Tabela 11 - Custo dos equipamentos para aproveitamento das águas pluviais .....	41
Tabela 12 - Potência dos equipamentos a instalar para aproveitamento das águas pluviais.....	42
Tabela 13 - Horário de funcionamento elétrico da ETA.....	43
Tabela 14 - Custo energético projetado para ETA.....	43
Tabela 15 - Dosagem de Cloro (Cl <sub>2</sub> ) por Processo Unitário.....	44
Tabela 16 - Chave de distribuição para os dois sistemas de aproveitamento de água.....	45
Tabela 17 - Custo dos consumíveis .....	46
Tabela 18 - Custos totais de operação/ <i>Cash-flows</i> .....	47
Tabela 19 - Descrição das Variáveis do VAL.....	49
Tabela 20 - <i>Cash-flow</i> Operacional atualizado ao ano 1, 2 e 3.....	49
Tabela 21 - Cálculo do VAL .....	49
Tabela 22 - Custo dos equipamentos para a rega .....	50
Tabela 23 - Potência dos equipamentos a instalar para a rega.....	51
Tabela 24 - Custos totais de operação.....	53
Tabela 25 - Descrição das Variáveis do VAL.....	54
Tabela 26 - <i>Cash-flow</i> Operacional atualizado ao ano 1, 2 e 3.....	55
Tabela 27 - Cálculo do VAL .....	55
Tabela 28 - Consumo mensal de água (m <sup>3</sup> ), no período 2014-2016 .....	75



Tabela 29 - Precipitação mensal (mm) da Estação Meteorológica de Viatodos no período de 1986-2016 .....	76
Tabela 30 - Características Técnicas dos Separadores de Gorduras .....	77
Tabela 31 - Caraterísticas Técnicas das Bombas Doseadoras.....	77
Tabela 32 - Caraterísticas Técnicas dos Filtros Multicamada.....	78
Tabela 33 - Caraterísticas Técnicas dos Filtros de Carvão Ativado .....	78
Tabela 34 - Caraterísticas Técnicas dos Aparelhos de Ultravioleta.....	79
Tabela 35 - Coeficientes de Culturas para Rega.....	79

## Índice de figuras

Figura 1 - Recursos Hídricos Renováveis ( $m^3$ <i>per capita</i> por ano), 2014.....	5
Figura 2 - Índice de frequência da falta de água disponível para o uso numa base mensal....	6
Figura 3 - Classificação das piscinas segundo a Diretiva CNQ N° 23/93 .....	16
Figura 4 - Consumo global mensal de água nas Piscinas Municipais, em $m^3$ .....	25
Figura 5 - Consumo médio mensal dos anos 2014, 2015 e 2016, em $m^3$ .....	25
Figura 6 - Ciclo da Água .....	65
Figura 7 - Esquema de funcionamento de uma piscina .....	65
Figura 8 - Relação entre a água e a energia .....	66
Figura 9 - Cisternas romanas .....	66
Figura 10 - Cisternas em Petra.....	66
Figura 11 - Localização do concelho Póvoa de Varzim, freguesias e limites .....	67
Figura 12 - Piscina Olímpica no interior do complexo.....	67
Figura 13 - Piscina de lazer no exterior do complexo.....	67
Figura 14 - Zona de balneários para utilização pública.....	68
Figura 15 - Filtros de Areia com funcionamento automático da Piscina Exterior .....	68
Figura 16 - Filtros de Areia com funcionamento manual da Piscina Olímpica.....	68
Figura 17 - Sistema de doseamento automático para desinfeção da água na piscina Olímpica .....	69
Figura 18 - Vista satélite do telhado do edifício das Piscinas Municipais da Póvoa de Varzim .....	69
Figura 19 - Precipitação média mensal da Estação Meteorológica de Viatodos no período de 1986-2016 .....	70
Figura 20 - Caixa de Grades.....	70
Figura 21 - Separador de Gorduras.....	70
Figura 22 - Instalação típica dos sistemas de desinfeção da água.....	71
Figura 23 - Tanque de compensação da Piscina .....	71
Figura 24 - Depósito vertical .....	71
Figura 25 - Curva de <i>performance</i> da bomba de pressurização, modelo CHLF (I) 4 .....	72
Figura 26 - Especificações típicas dos filtros multicamada Fonte: Aquaquímica, 2016.....	72
Figura 27 - Especificações típicas dos filtros de carvão ativado.....	72
Figura 28 - Etapa 1 da pós-desinfeção da água.....	73

Figura 29 - Etapa 2 da pós-desinfecção da água.....	73
Figura 30 - Filtros Aqua Big.....	73
Figura 31 - Aparelho Ultravioleta.....	73
Figura 32 - Representação dos fatores envolvidos na estimativa da Evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ).....	73
Figura 33 - Cálculo da Evapotranspiração da cultura .....	73
Figura 34 - Evapotranspiração acumulada do período de 2015-2017 .....	74
Figura 35 - Esquema do reaproveitamento da água para rega .....	74

## **Índice de abreviaturas e siglas**

ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais

BD - Bomba Doseadora

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

ET - Evapotranspiração

ETA - Estação de Tratamento de Água

FPN - Federação Portuguesa de Natação

HOCl - Ácido Hipoclorídrico

LCPN - Liga Portuguesa dos Clubes de Natação

OCI - Ião Hipoclorito

OMS - Organização Mundial de Saúde

PA - Piscina de Aprendizagem

PE - Piscina Exterior

PI - Piscinas Interiores

PIMC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

PO - Piscina Olímpica

PNUEA - Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

PVZ - Póvoa de Varzim

QT - Quantidade

RCM - Resolução de Conselho de Ministros

SAAP - Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

UN - Unidade

UV - Ultravioleta

VAL - Valor Atual Líquido

## Capítulo 1. Introdução

A água é uma das bases da vida, sendo que a sua existência e o acesso à mesma em condições de salubridade são fundamentais.

Atualmente assiste-se a uma carência deste bem a nível mundial, muito devido à assimetria da sua disponibilidade espacial e temporal. Muitos estudos apontam para que o próximo conflito armado poderá ter como base disputas por fontes de água potável, devido à sua indiscutível importância. Por exemplo, é humanamente possível viver sem petróleo, tal como a população o fez na maioria da sua existência, contudo sem água é impensável (WWAP, 2015).

De facto, a maior parte da população mundial enfrenta hoje em dia graves problemas no acesso à água potável. A disponibilidade limitada deste recurso no nosso planeta e a enorme irregularidade na sua distribuição estão na raiz destes problemas (Gregório et Martins., 2011). A menos que o equilíbrio entre a procura e o fornecimento finito seja restaurado, o mundo terá de enfrentar um grave e crescente défice global de água (UN-Water, 2013).

A poluição dos grandes reservatórios hídricos leva a que a sua disponibilidade seja ainda mais diminuta, sendo necessário intervir e preservar algo que é o nosso bem mais precioso (Euzen et Morehouse., 2011).

De uma forma geral, a água é considerada um recurso natural insubstituível num elevado número de atividades humanas, sendo simultaneamente uma componente essencial para a sobrevivência de qualquer forma de vida existente no planeta Terra. Para todos os seres vivos a água tem um carácter de necessidade imprescindível, sendo que existem organismos com uma maior dependência da água do que outros (WWAP, 2012). Neste contexto, o Homem assume-se claramente como um dos seres vivos com maior necessidade de consumo deste recurso, pois segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a sobrevivência de qualquer ser humano poderá ficar seriamente comprometida se o acesso à água for interrompido por um período superior a 72 horas (WHO, 2010).

Ao nível da saúde pública, existem inúmeras doenças associadas à utilização deste recurso, que podem ser transmitidas através da ingestão de água contaminada, da picada de insetos que se reproduzem junto a águas paradas, ou de microrganismos patogénicos que habitam nesta, pelo que é essencial assegurar às populações um fácil acesso à água potável (Mano, 2012). Em 2010, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou, em Assembleia Geral, que o acesso à água potável e o saneamento básico são um direito humano, solicitando a diversos órgãos internacionais

apoio financeiro e tecnológico no sentido de fornecer água em condições de salubridade para consumo humano, a todo o mundo e, em particular, aos países em desenvolvimento (WHO, 2010).

Espera-se com esta dissertação contribuir para uma consciencialização global da importância de preservar este recurso, procurando propôr políticas e soluções para uma melhor gestão da água, particularmente, em piscinas de uso público, reduzindo assim o consumo de água potável.

Desta forma, esta investigação revela-se de particular importância, na medida em que os estudos realizados sobre a eficiência hídrica ou sobre as diferentes formas de aproveitar/reaproveitar a água são escassos. Quando se fala em eficiência, associa-se frequentemente a eficiência energética e não a eficiência hídrica. Neste sentido, a literaturatura referente ao uso racional da água ainda é muito escassa.

Esta investigação visa compreender os processos de gestão aplicados nas águas das piscinas do Município da Póvoa de Varzim. Mais precisamente, procura caracterizar o consumo global de água nos anos de 2014, 2015 e 2016, e identificar quais as medidas que podem ser aplicadas para um uso eficiente da água, nomeadamente a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e o reaproveitamento da água de lavagem dos filtros das piscinas para rega.

Para a implementação destas medidas, pretende-se analisar a viabilidade económica das mesmas, mais concretamente, determinar quanto é que se poderá reduzir no consumo de água potável e consequentemente qual o impacto a nível económico para a entidade em causa.

A dissertação está dividida em 8 Capítulos, sendo que no Capítulo 2 é feito um enquadramento teórico da situação actual dos recursos hídricos.

No Capítulo 3, com base no Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, são abordadas medidas que possam vir a ser aplicadas para a redução do consumo de água neste tipo de instalações, nomeadamente o aproveitamento de águas pluviais.

No Capítulo 4 é apresentado o tema principal deste trabalho, piscinas, onde se realça a sua evolução e utilização ao longo dos tempos. São descritos todos os procedimentos que estas utilizam para se manterem em funcionamento, bem como os instrumentos legais e normativos aplicáveis às mesmas.

No Capítulo 5 é estudado o caso das Piscinas Municipais da Póvoa de Varzim, onde é feita uma caracterização geral das instalações e uma avaliação dos consumos globais de água associados à sua utilização.

No Capítulo 6 é dimensionado o projeto para o sistema de aproveitamento de águas pluviais, bem como do reaproveitamento da água de lavagem dos filtros para o uso na rega.

No Capítulo 7 é efectuada uma análise da viabilidade económica e financeira das medidas a implementar nas Piscinas Municipais da Póvoa de Varzim.

Por último, o Capítulo 8 compreende todas as conclusões a retirar deste estudo, bem como, as principais limitações e perspectivas para possíveis investigações futuras.

## Capítulo 2. Enquadramento

### 2.1. Disponibilidade de Água na Terra

Cerca de 71% da superfície da Terra está coberta de água, e os oceanos possuem cerca de 96,5% de toda a água da Terra. A água também existe no ar como vapor de água, em rios e lagos, em camadas de gelo e glaciares, no solo como humidade do solo, e em aquíferos (USGS, 2016).

Os recursos de água doce são renovados através de um ciclo contínuo de evaporação, precipitação e escoamento - vulgarmente conhecido como ciclo hidrológico - que dita a sua distribuição e disponibilidade ao longo do tempo e do espaço, ilustrado na Figura 6 - Anexo I (UNWWAP, 2016).

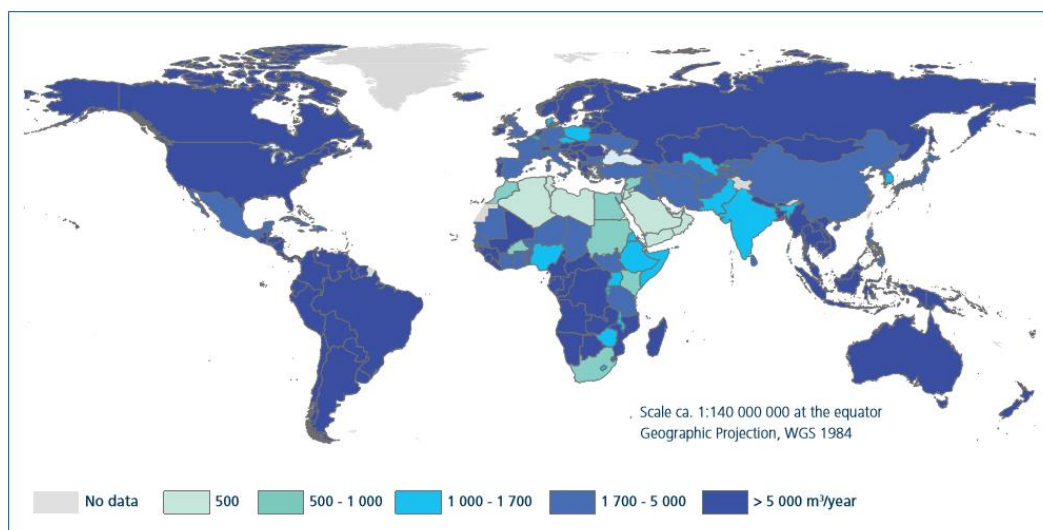
Os diagramas do ciclo da água, muitas vezes resumem este ciclo de forma qualitativa, analisando os reservatórios e os fluxos. Os reservatórios são lugares onde a água é "armazenada", ou onde permanece por um determinado período de tempo. Os oceanos, glaciares e calotas, lagos e a atmosfera são alguns exemplos de reservatórios. Neste sentido, este ciclo assume um papel de elevada importância para que a distribuição deste bem mais precioso seja feita de forma equitativa (UCAR, 2011).

Este bem fundamental para a vida é renovável, embora a precipitação varie no tempo e no espaço. Assim, em alguns locais a pluviosidade não chega a ser suficiente para repor as reservas de água utilizadas (UN-Water, 2006). Deste modo, e dado o seu valor ecológico, social e económico, a água pode estar na origem de futuros conflitos políticos e sociais por se encontrar desigualmente distribuída na superfície terrestre (UN-Water, 2007).

#### 2.1.1. Água: condição do recurso, procura e acesso

Existem diferentes formas de definir e medir a escassez de água e/ou *stress* hídrico. O indicador mais conhecido de escassez nacional é a água renovável per capita por ano, onde os limiares são usados para identificar diferentes níveis de *stress* hídrico (Falkenmark, 1984). Uma área/país está sob *stress* hídrico regular quando o suprimento de água renovável fica abaixo de 1700 m<sup>3</sup> *per capita* por ano. As populações enfrentam escassez crónica de água quando o suprimento de água cai abaixo de 1000 m<sup>3</sup> *per capita* por ano e escassez absoluta abaixo de 500 m<sup>3</sup> *per capita* por ano (Figura 1). Usando esses limiares, existem disparidades consideráveis entre países (UNWWAP, 2016).



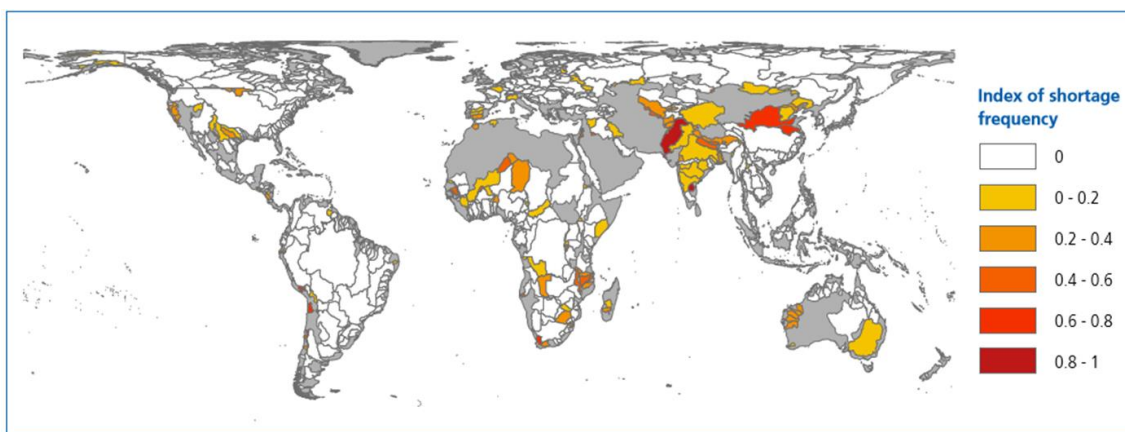


**Figura 1 - Recursos Hídricos Renováveis (m³ *per capita* por ano), 2014**  
**Fonte: WWAP, 2016**

Este método para medir a escassez de água baseia-se principalmente em estimativas do número de pessoas que podem viver razoavelmente com uma determinada unidade de recursos hídricos (Falkenmark, 1984; FAO, 2012). Embora útil, ele simplifica a situação hídrica de países específicos, ignorando os fatores locais que determinam o acesso à água, bem como a viabilidade de diferentes soluções em diferentes locais (FAO, 2012).

Numa tentativa de captar melhor a relação entre a oferta e a procura, o Indicador de Água dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio pretende medir o nível de pressão humana sobre os recursos hídricos, com base na soma do total da água retirada pela agricultura, municípios e indústria, dividida pela disponibilidade dos recursos hídricos renováveis. Quanto maior for a relação de utilização com a água disponível, maior será o *stress* no sistema de abastecimento e mais difícil será satisfazer a procura crescente (UNWWAP, 2016).

O índice de frequência da falta de água disponível para o uso numa base mensal, (Figura 2), mostra com que frequência os níveis dos reservatórios são suscetíveis de diminuir até um ponto crítico (abaixo de 20% do total armazenado), valor esse avaliado como a percentagem média em que são necessárias medidas restritivas do uso de água. Essas análises consideraram a existência de disponibilidade de água em rios, aquíferos ou reservatórios suficientes para satisfazer os padrões atuais de consumo mensal (Sadoff et al., 2015).



**Figura 2 - Índice de frequência da falta de água disponível para o uso numa base mensal**  
**Fonte: Sadoff et al. (2015, Figura 8, p. 77)**

Desde a década de 80 do século XX, a captação de água doce tem aumentado cerca de 1% ao ano mundialmente, principalmente devido à crescente procura nos países em desenvolvimento. Na maioria dos países mais desenvolvidos, a captação de água doce tem estabilizado ou diminuído levemente (UN-Water, 2007).

No Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, a temática abordada em 2016 foi a correlação entre a Água e o Emprego. Neste sentido, a urbanização acelerada e o aumento dos padrões de vida, o aumento da procura por água, alimentos e energia de uma população mundial em constante crescimento, inevitavelmente, levarão à criação de postos de trabalho em determinados setores (por exemplo, tratamento municipal de águas residuais) e à perda de postos de trabalho em outros (UNWWAP, 2016).

A redução da disponibilidade de água intensificará ainda mais a disputa por este recurso, incluindo no sector agrícola, na manutenção de ecossistemas, nos assentamentos humanos, na indústria e na produção de energia. Tudo isto, afetará os recursos hídricos regionais, a segurança energética e alimentar, e potencialmente a segurança geopolítica, provocando migrações em várias escalas. Mundialmente, a agricultura é responsável por cerca de 70% do total do consumo de água doce e, na maioria dos países em desenvolvimento, esse índice chega a 90% (FAO, 2012). Sem melhorias na eficiência hídrica, estima-se que o consumo mundial do sector agrícola aumentará 20% até 2050 (WWAP, 2012).

As mudanças climáticas são outro fator que afetam a disponibilidade dos recursos hídricos a nível mundial. A quinta avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (PIMC) estimou que, para cada grau de aumento na temperatura global, aproximadamente 7% da população mundial ficará exposta à diminuição de cerca de 20% no seu acesso a recursos hídricos renováveis (Döll et al., 2014; Schewe et al., 2014).

### Capítulo 3. Importância da Eficiência Hídrica

No que se refere à eficiência hídrica, existe algum desconhecimento dos cidadãos em geral sobre esta temática. Quando se recorre a estudos sobre sustentabilidade ou medidas sustentáveis para o ambiente, ainda existe muito a tendência de limitar a visão apenas à área da energia. Isto acontece porque a sociedade já lida há muitos anos com as ameaças das emissões atmosféricas e das suas consequências. Outro fator que poderá influenciar esta maior preocupação energética, ao invés de hídrica, é o nível monetário, uma vez que a fatura da eletricidade, geralmente, é muito superior à da água (Gomes, 2015).

Como incentivo à eficiência hídrica, em Portugal, foi implementado o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) de 2012 até 2020, centrado na redução das perdas de água e na otimização do uso da água. Este é, cada vez mais, um instrumento de gestão insubstituível para a proteção dos recursos hídricos, particularmente num país onde a variabilidade climática gera frequentes situações de desregulação hídrica (APA, 2015).

O PNUEA foi estabelecido em 2000/2001. Até ao ano de 2005 foram desenvolvidos vários documentos de apoio técnico à implementação do PNUEA, que resultaram na publicação da Resolução de Conselhos de Ministros (RCM) nº 113/2005. Na sequência dessa RCM foi definida uma estratégia de concretização, porém não houve uma governança coordenada de implementação que conduzisse ao seu cumprimento global.

Portugal iniciou o século XXI com uma procura anual de água no território continental estimada em cerca de 7500 milhões/m<sup>3</sup>, englobando os três setores: urbano, agrícola e industrial. O setor agrícola é, em termos de volume, o maior consumidor. Em termos de custos de abastecimento, o setor urbano é o mais representativo, uma vez que a água para consumo humano requer tratamento prévio. A ineficiência do uso da água torna-se grave em períodos de escassez hídrica. Portugal atravessou já vários períodos de seca, tal como a que se registou em 2004/2005. Além da dimensão social inerente à vivência de uma seca pelas populações e setores produtivos diretamente afetados, uma seca pode representar um forte impacto económico. Outro fator essencial para a racionalização do uso da água é a consciência crescente da conexão indissociável entre água e energia, e a necessidade de uma abordagem integrada na preservação destes recursos para uma sustentabilidade duradoura (APA et MAMAOT.,2012).

A água é necessária para a produção de energia, e a energia é indispensável para a produção de água para consumo humano e para utilização nos setores produtivos (captação de água, processamento, distribuição e utilização final, requerem eletricidade). A intrínseca interdependência

entre energia e água, tal como demonstra a Figura 8 - Anexo I, torna-se mais complexa à medida que o crescimento económico, o aumento da população, a crise energética e os impactos das alterações climáticas se intensificam (APA,2015). No que diz respeito à eficiência hídrica dos dispositivos em instalações dos edifícios, o PNUEA sugere a adequação, substituição/adaptação de autoclismos, chuveiros, torneiras, máquinas de lavar louça e roupa, urinóis, sistemas de refrigeração e aquecimento de ar. Para o uso no exterior dos edifícios sugere alterações nos processos de gestão da lavagem de pavimentos e veículos, piscinas, lagos e espelhos de água, campos desportivos, entre outros espaços verdes de recreio. Este programa prevê também, medidas aplicáveis ao uso industrial e agrícola que permitam uma melhor utilização deste recurso, e ainda faz alusão ao aproveitamento de águas pluviais (APA et MAMAOT.,2012).

### **3.1. Aproveitamento de Águas Pluviais**

A gestão da água é uma questão importante no *design* urbano devido à crescente preocupação com a sua escassez. Atualmente, várias regiões do Mundo estão a enfrentar um período de escassez hídrica pelo que se torna urgente pensar numa solução para preservar um recurso tão precioso e que é distribuído de uma forma desigual (WWAP, 2015).

Globalmente existe uma atenção crescente focada em técnicas de abastecimento de água, uma vez que as alterações climáticas e o crescimento populacional, entre outros fatores, aumentam a procura por este recurso hídrico. Neste sentido, estudos sobre as diversas formas de aproveitar águas alternativas, nomeadamente as águas pluviais, são cada vez mais relevantes. É imperativo repensar em estratégias eficientes para que o desperdício de água seja atenuado.

#### **3.1.1. Evolução Histórica**

O aproveitamento das águas pluviais já é feito há muitos séculos, praticamente considerado, o único fim para obterem água (Aguilar, 2012).

Para os Romanos a água era um bem vital para o desenvolvimento das suas civilizações, tendo sido construídos diferentes instrumentos de recolha e abastecimento de água. As cisternas foram as mais utilizadas na época para armazenar a água da chuva (Figura 9 - Anexo I) (Bertolo et Simões, 2008).

Na Jordânia, as cisternas foram e ainda são hoje constituintes obrigatórios das edificações, já que é um país maioritariamente desértico. Existem cisternas em Petra, nos vestígios dos Nabateus (Figura 10 - Anexo I) (Bertolo et Simões, 2008).

Internacionalmente, a implementação de SAAP é bastante comum em países como Austrália, Alemanha e Japão (Coombes et al., 2006; Partzsch, 2009; Murase, 2009). No Reino Unido também já existe uma preocupação crescente sobre estes sistemas. Os Sistemas de Aproveitamento das Águas Pluviais (SAAP) podem funcionar como uma fonte de água não potável para determinados fins que não requerem, necessariamente, água potável (Partzsch, 2009).

A água aproveitada por estes sistemas pode ter diversos destinos tais como: instalações sanitárias (WC), lavandarias (máquinas de lavar), sistemas de água quente, lavagem de veículos, rega (jardins), entre outros (Ward, 2012). Desta forma, aproveitar a água da chuva compensa monetariamente e reduz o consumo da água potável altamente tratada (Murase, 2009).

Em Portugal, o aproveitamento de águas pluviais para usos urbanos foi uma prática muito comum, particularmente nos Açores, que, no entanto, foi diminuindo, à medida que o sistema público de abastecimento de água evoluiu. Neste Arquipélago as casas tradicionais ainda incluem SAAPs. Estas cisternas recolhem a água das coberturas das casas, diretamente dos beirais ou canalizadas pelas caleiras (Costa, 2010).

Existem outros SAAP, nomeadamente (Bertolo et Simões, 2008):

- Em Tomar, no Convento dos Templários, há duas cisternas, uma com capacidade de 215 m<sup>3</sup>, e outra, de 145 m<sup>3</sup>;
- No Castelo de Alcácer do Sal, subsiste uma cisterna no subterrâneo da Cripta Arqueológica;
- Em Reguengos de Monsaraz, já não se consegue observar, porém existiu no passado a maior cisterna de água nos intramuros da vila;
- No Castelo de Silves existe a Cisterna da Moura Encantada com cerca de 1 300 m<sup>3</sup> de água.
- Na Torre de Belém e na Sé de Lisboa, ainda há vestígios de cisternas para o aproveitamento de águas da chuva.

### **3.1.2. Qualidade da água pluvial**

Segundo a Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais (ANQIP) a qualidade da água pluvial depende de vários factores, nomeadamente (ANQIP, 2015a): a localização geográfica, tendo em conta a proximidade de áreas urbanas, rurais, mares e oceanos; a existência de vegetação; as condições atmosféricas; a estação do ano; a existência de matéria poluente e, os materiais que constituem o sistema.

O seu uso está associado à qualidade de água, ou seja, quanto mais nobre for o uso, maior será a qualidade da água exigida. Os tratamentos necessários variam conforme a utilização a que se destina, mediante Especificação Técnica ETA 0701 (ANQIP, 2015a).

Em rega a zonas verdes e de lavagem de pavimentos, o uso de água da chuva, pode não carecer de qualquer tratamento adicional físico-químico ou bacteriológico (ANQIP, 2015b).

O uso de água pluvial sem prévio tratamento em descargas de autoclismo, apenas deve ser permitido quando a água respeite, no mínimo, as normas de qualidade de águas balneares, nos termos da legislação nacional e das Diretivas Europeias aplicáveis (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1/8, que transpõe a Diretiva n.º 75/160/CEE, do Concelho, de 8/12).

Se os valores máximos admissíveis estabelecidos para os parâmetros bacteriológicos não forem cumpridos, deve-se efetuar uma desinfecção da água. No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção, recomenda-se que o cloro residual varie entre 0,2 e 0,6 mg/l (Bertolo et Simões, 2008).

Caso se considere necessário introduzir tratamento ou desinfecção para a água pluvial, este deverá ser implementado a jusante do sistema de bombagem, antes da entrada da água não tratada para a rede de água. Recomenda-se um controlo da qualidade da água na cisterna com uma periodicidade máxima de seis meses, prazo este que poderá ser alargado até um ano, caso o suprimento seja efetuado unicamente a partir da rede pública de água potável (Bertolo et Simões, 2008).

A qualidade da água pluvial pode ser melhorada com a manutenção periódica dos vários componentes do sistema, tais como a introdução de filtros nas caleiras e a incorporação de um sistema que permita o desvio de um determinado volume de água pluvial ou durante um determinado período de tempo, pois as primeiras chuvadas arrastam consigo os detritos sólidos acumulados presentes na superfície das coberturas (ANQIP, 2015a).

As condições ambientais são um fator crucial na qualidade de água pluvial, variando de região para região. Esta qualidade também depende do tipo e das condições da área de captação, como se pode verificar pela Tabela 1.

**Tabela 1 - Variação da qualidade de água pluvial em função da área de captação**  
**Fonte: Aguiar, 2012**

<b>Grau de purificação</b>	<b>Superfície de captação de água pluvial</b>	<b>Observações</b>
<b>A</b>	Telhados (lugares não frequentados por pessoas ou animais)	<b>Se a água for purificada, é potável</b>
<b>B</b>	Telhados (lugares frequentados por pessoas ou animais)	Apenas para usos não potáveis
<b>C</b>	Pisos e estacionamentos	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis
<b>D</b>	Estradas	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis

A ANQIP efetuou análises (físico-químicas e bacteriológicas) às águas pluviais na zona de Coimbra no período compreendido entre julho a setembro de 2010, por forma a verificar a necessidade de tratamento da água pluvial para um projeto destinado a rega e lavagens. As amostras de água pluvial foram recolhidas em dois pontos distintos: na zona de armazenamento, ou seja, no reservatório e nos aspersores ao fim de 1, 7, 8, 9, 14, 20 e 44 dias.

Segundo, a ANQIP relativamente às análises realizadas à água pluvial não tratada presente no reservatório e nos aspersores, foi possível concluir que, os resultados obtidos, quando comparados com o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto de 1998, estão de acordo com os parâmetros de qualidade impostos por lei a que a água deve obedecer, ou seja, significa que os valores obtidos através da análise da água pluvial cumpriam os requisitos mínimos de qualidade, em função do tipo de utilização. (Aguiar, 2012).

Segundo a ANQIP o SAAP tem como principais vantagens (ANQIP, 2015a):

- Utiliza as estruturas existentes para captar a água, mais precisamente as coberturas dos edifícios;
- Um diminuto impacto ambiental;
- Água com boa qualidade para as mais diversas utilizações;
- Reservas de água em caso de emergência;
- Redução do consumo de água potável e do custo do fornecimento da mesma;
- Melhor distribuição da carga de água da chuva no sistema de drenagem urbano, minorando o risco da ocorrência de cheias.

Quanto às desvantagens mais significativas destes sistemas, consideram-se as seguintes (ANQIP, 2015a):

- Variação da pluviosidade;
- Reservatório de água de grande dimensão;
- Qualidade da água, que se, não for corretamente tratada, poderá comprometer a saúde pública;
- Funcionamento dos vários constituintes do sistema;
- Investimento inicial para a instalação do SAAP;
- Decréscimo da quantidade de água aproveitada em períodos de seca;
- Exigem uma manutenção regular.

### **3.1.3. Enquadramento legal e normativo**

Na Bélgica, o SAAP tem bastante importância dado que não existe distribuição pública de água potável, em algumas regiões. A recolha e armazenamento de água pluvial para as edificações regem-se pelas normas técnicas do *“Répertoire 2006 da Belgaqua - Fédération Belge du Sector de l'Eau”* (Bertolo et Simões, 2008).

Os SAAPs na Alemanha são uma prática bastante comum (Coombes et al., 2006). Segundo, Herrmann (1999) a norma Alemã DIN 1989 “serve de orientação para o projeto, instalação, operação e manutenção dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, para ser utilizada em descargas sanitárias, lavagens exteriores, sistemas de arrefecimento, rega e máquinas de lavar roupa” (Bertolo et Simões, 2008).

Em França, não existe normas legais específicas para a aplicação dos SAAP, esta é uma prática permitida pelos órgãos do Ministério da Saúde, considerada inócua para a saúde pública quando utilizada em usos domésticos tais como descargas sanitárias, rega de jardins, lavagem no geral (Bertolo et Simões, 2008).

No ano de 2009, foi publicada no Reino Unido a Norma Britânica BS 8515:2009 Rainwater harvesting systems – Code of practice de British Standard Institute, UK, onde estabelece as várias utilizações possíveis dos SAAPs (Santos, 2009).

No Brasil, foi publicada no ano 2007, uma norma técnica (ABNT/CEET-00.001.77 2º Projeto 00.001.77-001) que enumera os requisitos fundamentais para a instalação e certificação de SAAPs em zonas urbanas para fins não potáveis. Esta norma não tem qualquer valor obrigatório (Cosentino, 2009).



A legislação sobre SAAP em Portugal é ainda muito reduzida. O Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto de 1995, define o conceito de águas pluviais, como: “as águas resultantes da precipitação atmosférica, caídas diretamente no local ou em bacias limítrofes contribuintes, e que apresentam geralmente menores quantidades de matéria poluente, particularmente de origem orgânica”. Este decreto permite apenas que água não potável seja utilizada na lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares, salvaguardando o bem-estar da saúde pública.

Em 23 de Outubro de 2000 foi aprovada a Diretiva Quadro da Água - Diretiva n.º 2000/60/CE. Na sequência da aprovação desta diretiva surge o PNUEA, como já referido no Capítulo 3.

A Resolução da Assembleia da República n.º 10/2011, de 1 de fevereiro, aconselha que o Governo tome a iniciativa de prever a construção de redes secundárias de abastecimento de água, como o aproveitamento das águas pluviais em edifícios, instalações e equipamentos públicos de grande dimensão, tendo em vista a sua utilização para usos e fins não potáveis, no sentido de se obterem ganhos ambientais, energéticos e económicos.

Em Portugal, a ANQIP elaborou as primeiras Especificações Técnicas portuguesas sobre sistemas de aproveitamento de águas das chuvas (ETA 0701 - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais para outros fins que não o consumo humano). Na segunda Especificação Técnica, ETA 0702, estabelece as condições para a Certificação de SAAP, executados de acordo com a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701. A Especificação Técnica da ANQIP aplica-se ao aproveitamento pluvial predial, mas não tem qualquer valor legal.

## Capítulo 4. Piscinas

### 4.1. Evolução das Piscinas ao Longo do Tempo

A construção de piscinas, estando totalmente ligada à prática de natação enquanto atividade organizada, remonta ao ano 2500 A.C. no antigo Egipto, tendo-se desenvolvido posteriormente na Grécia, Roma e Assíria (Ferreira, 2013). Os banhos públicos, ou termas, surgiram na história da arquitetura em território português através dos Romanos (Lopes, 2008). Estes espaços são equipamentos inerentes à cidade romana, e com a vasta conquista deste povo é possível encontrar vestígios desta influência em todos os territórios por onde passaram, sendo que Portugal não é exceção. Dependendo dos casos, os banhos estavam distribuídos pelo tecido urbano ou concentrados num local, eram de maior ou menor dimensão, mas a cidade não prescindia deste espaço público (Gabrielsen, 1987). Cada cidade adaptava-se às suas circunstâncias topográficas e demográficas, e as termas, não sendo o edifício de maior relevância, eram integradas de forma a não interferir com a harmonia da cidade. Nesta época, o banho não era entendido apenas como medida de higiene, mas também como prática de convívio social coletivo (Ferreira, 2013).

No que se refere à prática de natação, na Grécia e em Roma a natação integrava a educação de crianças no âmbito escolar, cabendo aos romanos a iniciativa de construir as primeiras piscinas separadas dos banhos públicos (Pedroso, 2009). Porém, a piscina cai em desuso durante a idade média, após o aparecimento de diversos problemas de saúde associados à sua utilização. Historicamente, as piscinas foram as principais responsáveis pela contaminação de grande parte da população da Roma antiga com altos níveis de chumbo, provenientes das tubagens utilizadas na época, facto que ficou forçosamente ligado à queda do Império Romano (Gomes, 2015).

Com o avanço das técnicas de higiene e desinfecção de água, o uso público de piscinas tornou-se novamente popular em meados do século XIX. Em 1837, seis piscinas interiores foram construídas em Londres. A popularidade da natação, enquanto atividade desportiva, disparou após os Jogos Olímpicos de 1896, nos quais as provas de natação foram integradas (Gabrielsen, 1987).

Em Portugal, as primeiras competições aquáticas desenvolveram-se em 1893. Estas competições basearam-se principalmente em travessias de rios (Tejo, Douro e Lima) e percursos no mar. O primeiro campeonato português ocorreu em outubro de 1906 na bacia do Alfeite. Na cidade do Porto, as atividades aquáticas desenvolveram-se a partir de 1906 por iniciativa de cidadãos britânicos residentes na cidade, ligados ao comércio do vinho do Porto.

O desenvolvimento de competições de natação levou à criação de entidades promotoras da sua coordenação, nomeadamente, a Liga Portuguesa dos Clubes de Natação (LPCN) que foi fundada

em 1921, com a sua principal delegação situada no Porto. Em 1927, uma segunda entidade foi criada – a Federação Portuguesa de Natação Amadora (FPNA) – que integrava dezasseis clubes.

No ano de 1930 estas duas organizações nacionais fundiram-se para criarem a atual Federação Portuguesa de Natação (FPN, 2018). A utilização de tanques para a prática de natação era muito popular na década de 1920. Em Lisboa, os primeiros tanques foram construídos na Casa Pia e no Convento de Mafra, os quais, obviamente, não ofereciam as melhores condições para a prática. A primeira piscina do Porto foi construída antes de 1923, e ficou conhecida como piscina do Carvalhido. Uma vez que não incluía um circuito de tratamento da água era apenas usada quando a qualidade da mesma o permitia. Este tanque foi abandonado em 1936. Foi apenas em 1930 que uma piscina com condições sanitárias admissíveis abriu em Lisboa. Pertencia ao Sport Algés e Dafundo, e foi designada como Estádio Náutico (Pedroso, 2009).

Atualmente, Portugal possui cerca de 60 000 piscinas (para uso público e privado). A área *per capita* estritamente reservada à prática de atividades aquáticas encontra-se abaixo da de países vizinhos, tais como Espanha e França.

No domínio das piscinas públicas (e em especial das municipais), o desenvolvimento foi distinto. De uma oferta inicial de apenas 36 piscinas (das quais 8 cobertas) em 1965, até um total de 680 (360 cobertas) em 2005, distribuídas por cerca de 500 instalações. No distrito do Porto para um total de 1 522 763 habitantes (Censos de 2001), existem 43 piscinas municipais. Compreendem 93 tanques de vários tipos e dimensões, 90% dos quais são cobertos ou convertíveis. Correspondem no seu conjunto uma área total de 21 242 m<sup>2</sup>, o que equivale a um valor de 13,8 m<sup>2</sup> de água para fins recreativos por 1000 habitantes, ligeiramente acima do valor recomendado pela Amateur Swimming Association, do Reino Unido, de 13 m<sup>2</sup>/1000 habitantes (CDCP, 2009).

Entretanto, cada vez mais se verifica um aumento progressivo na procura de piscinas para atividades desportivas, recreativas e terapêuticas. Nos Estados Unidos, por exemplo, a natação é o segundo exercício mais popular, com cerca de 339 milhões de visitantes por ano a frequentar piscinas, parques aquáticos, e outros locais possuidores de fontes de água. (CDCP, 2009).

As piscinas são um tipo de instalação lúdico-desportiva que têm apresentado uma elevada e crescente procura à escala global, em resultado de um incentivo ao desenvolvimento de práticas desportivas e recreativas (Diretiva CNQ N° 23/93, 1993).

As piscinas têm uma vasta dimensão de utilizações, que vão desde a aprendizagem, ao treino e à competição de natação, até as atividades ligadas à medicina e ao lazer, entre outras. Face a esta diversidade de usos, têm sido várias as propostas de classificação por diversos órgãos nacionais e

internacionais. Segundo a Diretiva CNQ N° 23/93 as piscinas podem ser classificadas com base nos seguintes critérios (Figura 3).

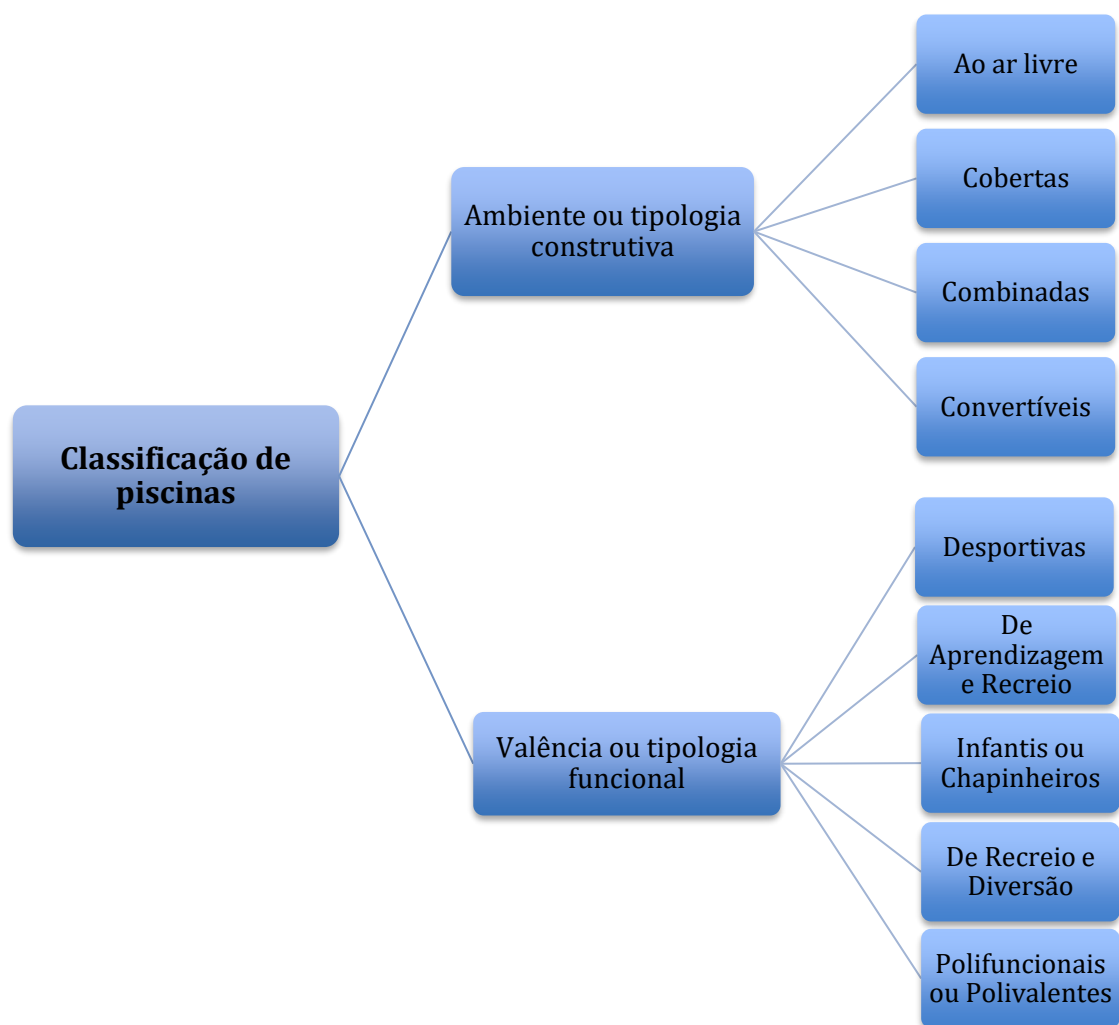


Figura 3 - Classificação das piscinas segundo a Diretiva CNQ N° 23/93

Os instrumentos legais e normativos, bem como os planos propostos pelo governo no âmbito do uso dos recursos hídricos, são vastos, porém, no que se refere às piscinas diretamente, não existe legislação específica. É, portanto, relevante questionar se a inexistência desta legislação poderá afetar o modo como a gestão das piscinas é feita.

Em 1993 foi publicada a Diretiva CNQ N° 23/93 de 24 de maio que tem por objetivo fixar, com carácter geral, as disposições de segurança, higio-sanitárias, técnicas e funcionais, que devem ser observadas nas piscinas e nos estabelecimentos dedicados a atividades recreativas aquáticas correlacionadas, de uso público. Este documento serve como normativa base para o controlo da

qualidade da água nas piscinas, embora a sua aplicação seja feita de forma voluntária, ou seja, não tem a força de uma lei.

Muitas piscinas, também optam por se guiarem pelo Decreto-Regulamentar nº5/97 de 31 de março, que tem por objetivo definir “as condições a que devem obedecer os recintos com diversões aquáticas, com vista a proporcionar adequadas condições de segurança aos utentes, a limitar os riscos da ocorrência de acidentes, a facilitar a evacuação dos ocupantes e sinistrados e a proporcionar a intervenção dos meios de socorro”. Embora não seja um regulamento específico para piscinas de uso público, nele existem determinadas obrigações a cumprir por parte das piscinas.

Para efeito da promoção e garantia de qualidade das unidades de medicina física e de reabilitação, deverão ser considerados os requisitos e exigências constantes do Manual de Boas Práticas de Medicina Física e de Reabilitação, publicado pelo Aviso nº 9448/2002 (2ª série) em 29 de agosto e na Portaria nº 1212/2010, de 30 de novembro. Este Manual de Boas Práticas de Medicina Física e Reabilitação refere-se apenas às piscinas com fins terapêuticos. O Aviso mencionado refere que “a água usada nas piscinas terapêuticas deverá ser própria, de acordo o estabelecido no anexo II do Decreto-Lei nº 65/97”.

É importante evidenciar que, para outros componentes destas instalações, existe legislação específica, nomeadamente no que se refere à segurança contra incêndios ou à segurança no uso e gestão das instalações energéticas e equipamentos técnicos, aos quais estão associadas medidas de controlo e de eliminação dos riscos possíveis. Estes pontos estão descritos no Decreto-Lei nº 141/2009, que estabelece medidas dirigidas especificamente às piscinas, sujeitas a verificação de conformidade para fins de licenciamento.

Neste sentido, e tendo em conta o panorama legislativo português, apenas as piscinas que estão integradas nos parques aquáticos e nos projetos turísticos estão abrangidas pela legislação Portuguesa, no Decreto Regulamentar nº5/97, de 31 de março.

## **4.2. Tratamentos da Água e Potenciais Riscos para a Saúde Pública**

É imperativo compreender quais os problemas existentes nas piscinas que podem afetar severamente a saúde pública, pelo que é necessário identificar todas as possíveis fontes de poluição das águas de piscinas: poluição pelo(s) produto(s) ou tipo de tratamento que estão a ser utilizados, poluição pelos banhistas e poluição atmosférica (DGS, 2015).

A desinfecção da água é um ponto preponderante para o controlo de microrganismos patogénicos que possam surgir na água. Um dos tratamentos mais utilizados pelas piscinas para a desinfecção da água é a cloração (USEPA, 2006) que foi introduzida no ano de 1902 em Middlekerke, Bélgica (MWH, 2005).

A água das piscinas devido à dosagem contínua de cloro e à temperatura mais elevada do que um sistema típico de distribuição de água potável potencia a formação de Subprodutos de Desinfecção (SPDs) na água e no ar das piscinas. (Chowdhury et al., 2014). Os dois principais grupos de precursores orgânicos que levam à formação de SPDs em piscinas são: (1) matéria orgânica proveniente da água de nascente e (2) substâncias corporais de banhistas tais como a urina, o suor e os lípidios da pele. O aumento do tempo de contacto entre os desinfetantes e os precursores orgânicos em piscinas induz níveis mais elevados de formação de SPDs (Kanan et al., 2011). Vários trabalhos têm indicado que os nadadores são uma fonte chave de precursores de SPDs num ambiente de piscina (Kanan et al., 2011; Kim et al., 2011). Posto isto, a exposição a SPDs torna-se inevitável para qualquer utilizador de piscinas, constituindo um elevado risco para a saúde humana (Chowdhury et al., 2014).

Para além da desinfecção por cloro, existem outros tipos de tratamentos pelos quais as piscinas podem optar, nomeadamente a desinfecção por radiação ultravioleta ou a desinfecção através de bromo, entre outros evidenciados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Métodos de desinfecção utilizados na água das piscinas**  
**Fonte: Teo, Coleman et al. 2015**

Chlorine based	Chlorine gas Calcium/sodium/lithium hypochlorite Dichloro isocyanurates Trichloro isocyanurates
Bromine based	Bromochlorodimethylhydantoin (BCDMH) Sodium bromide + oxidizer
Others (usually in combination with chlorine/bromine based)	Ozone Ultraviolet (UV) Chlorine dioxide Iodine (potassium iodide)
New/emerging disinfectants	Magnesium salts Sodium bromide + oxidizer Ozone + hydrogen peroxide

Um estudo realizado na Grécia no ano de 2008 (Papadopoulou et al., 2008), veio realçar a contínua contaminação microbiológica, já observada no ano de 1998 numa investigação feita pelos autores Rigas et al. (1998), em 11 piscinas que continham a presença de microrganismos tais como

*Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*. Esta investigação verificou que, para além da temperatura da água, outros fatores que afetam a qualidade da água das piscinas são a carga de banhistas por volume de água, a capacidade de os microrganismos resistirem a desinfetantes e de se multiplicarem rapidamente na água e, ainda, as práticas de monitorização e/ou manutenção. Sabe-se que todas as espécies identificadas sobrevivem na água e toleram bem os agentes antimicrobianos, sendo por isso necessária uma monitorização contínua das piscinas (Papadopoulou et al., 2008).

Desta forma, é crucial compreender qual o tipo de tratamento mais adequado para cada tipo de água de piscina e colmatar estes problemas com boas práticas de monitorização e/ou manutenção nas piscinas.

As águas de piscina regeneram-se geralmente em circuito fechado, ou seja, a água progressivamente contaminada pelos banhistas é submetida a um tratamento e volta a introduzir-se na piscina. Esta renovação é muito mais económica que uma renovação contínua da água, tanto a nível de custo de água, como de tratamento desinfetante e energia necessária ao seu aquecimento, se for caso disso (Aquaquímica, 2016).

Normalmente, o tratamento é feito em duas etapas: Filtração e Desinfecção geral da água. A primeira etapa - filtração da água - tem como objetivo a remoção dos materiais em suspensão e a consequente redução da turvação da água. Alguns dos fatores que provocam a turvação de uma água são: as algas e/ou bactérias, e os sólidos suspensos ou dissolvidos. Contudo, as causas mais importantes são, sem dúvida, o pó e as lamas, mas também o vento, a chuva e os banhistas (Beleza et al., 2007).

O filtro e a bomba são o coração do sistema de filtração e da recirculação da água na piscina, baseando-se, de um modo geral, numa ação mecânica. A filtração deve ocorrer durante o dia, uma vez que é o período mais propício a originar poluição (Aquaquímica, 2016).

A água, através de uma bomba de recirculação de caudal e pressão adequados, passa pelo filtro, no qual pequeníssimas partículas de matéria (tais como a areia de sílica com granulometria de 4 a 8 mm) retiram as partículas em suspensão, e é devolvida limpa e clara à piscina. A sujidade acumulada no filtro deve ser retirada por um processo de lavagem em contracorrente (Faria, 2012).

Convém notar que a filtração sem prévia adição de um flocculante não permite obter água perfeitamente clara. É, pois, necessária a adição de uma pequena dose de flocculante antes da filtração para coagular (aumentar o tamanho) as matérias coloidais em suspensão, visto serem muito finas e de difícil filtração. Esta adição evita também um consumo excessivo de cloro que seria gasto na combinação com as matérias coloidais (Beleza et al., 2007).

A filtração e o consequente dimensionamento de um filtro são sempre um compromisso entre a quantidade e a qualidade da água tratada: quanto maior for o caudal de água tratada, maior terá de ser o dimensionamento do filtro, para manter a mesma qualidade da água tratada.

É necessário ter em conta a natureza e o caudal da água bruta a filtrar, a natureza dos materiais em suspensão, as características químicas das camadas de filtração e a qualidade pretendida da água tratada (Aquaquímica, 2016).

Existem essencialmente dois Sistemas de Filtração:

- **Filtros de Areia e/ou de antracite:** com funcionamento regular fiável e com possibilidade de grandes débitos. Apesar de serem necessárias periódicas manutenções e elevadas quantidades de água para as lavagens, estes filtros são os mais utilizados. Requerem também a utilização de um coagulante que permita uma filtração mais fina. Conseguem-se velocidades de filtração entre 15 e 40 m<sup>3</sup>/h.
- **Filtros de Diatomite:** com grande eficácia de filtração e baixo consumo de água de lavagem. Implicam um investimento muito elevado, o que não é adequado para a maior parte das situações, para além de exigir medidas de segurança adicionais no seu manuseamento. Conseguem-se velocidades de filtração de aproximadamente 4 m<sup>3</sup>/h (Aquaquímica, 2016).

Nos Filtros de Areia, que são os mais utilizados em piscinas públicas, a filtração da água deve ocorrer em toda a altura do leito filtrante, sendo a turvação removida seletivamente ao longo das camadas de filtração. São de funcionamento manual ou automático e a pressão máxima de trabalho é de 2 a 4 bar. A filtração elimina uma boa parte da poluição, nomeadamente a poluição superficial presente no filme superficial da água (Beleza et al., 2007).

Após a filtração, a água fica clara e transparente, porém conserva a maior parte dos microrganismos patogénicos, uma vez que o seu tamanho microscópico permite-lhes atravessar os filtros. A esta etapa chama-se desinfeção da água, sendo um ponto preponderante para o controlo de microrganismos patogénicos que possam surgir na água.

A utilização de cloro como agente sanitário e oxidante numa piscina foi há muito reconhecida, independentemente da espécie de cloro utilizada, graças ao seu elevado poder oxidante. O objetivo principal é combiná-lo com a água para formar o Ácido Hipoclorídrico (HOCl), uma vez que apenas nesta forma ele higieniza e oxida. No entanto este ácido tem certas limitações (Beleza et al., 2007):



- Tem tendência a ser instável na presença da luz do sol e a temperaturas elevadas;
- Combina-se rapidamente com compostos de azoto, principalmente amónia (dando origem às cloraminas), reduzindo em mais de 90% o seu poder germicida;
- É dependente do pH da água, pois à medida que o pH aumenta, a percentagem de cloro que permanece como ácido hipoclorídrico desce (ex.: a pH = 8,0 apenas 22% do cloro se encontra na forma HOCl).

A grande instabilidade do HOCl deve ser combatida com o uso de estabilizantes como o Ácido Isocianúrico. Este composto orgânico pode representar uma vantagem económica muito significativa na manutenção do HOCl livre por mais tempo na água (Aquaquímica, 2016).

A utilização de um floculante que permita coagular as matérias coloidais em suspensão evita um consumo excessivo de cloro que seria gasto na combinação com estas matérias. Consegue-se assim um aumento significativo no teor em HOCl disponível/livre. Chama-se Cloro Livre ao cloro presente na água como HOCl e como Ião Hipoclorito (OCl). Este é responsável pela oxidação, ou seja, pelo ataque aos microrganismos presentes na água. Após o ataque oxidante aos poluentes presentes na água, o cloro combina-se com os compostos azotados e a este tipo de cloro chama-se Cloro Combinado. Posto isto, podemos saber qual o Teor Total de Cloro presente numa água (Beleza et al., 2007):

$$\text{Teor Total de Cloro} = \text{Cloro Ativo Livre} + \text{Cloro Combinado} \quad (1)$$

#### 4.2.1. Circuito da Água de uma Piscina

A água sai da piscina por uma caleira situada à superfície e por uma grelha de fundo. Daqui é conduzida através das tubagens até um tanque de compensação, assim designado, dada a sua função ser compensar a água que a piscina vai perdendo por evaporação e por transbordos (Faria, 2012).

Do tanque de compensação a água é conduzida aos filtros por intermédio das bombas de recirculação. Antes das bombas de recirculação existem uns pré-filtros, cuja função é evitar a passagem de objetos de maiores dimensões que possam danificar o corpo das bombas. Após o tratamento de filtração a água vai receber o segundo tipo de tratamento - tratamento químico - como já descrito no ponto anterior. Através de bombas doseadoras, comandadas manualmente ou automaticamente, são aplicados os diversos produtos químicos previamente preparados em soluções armazenadas em depósitos (Faria, 2012).

Neste sentido, a água recebe o tratamento de correção do pH, o tratamento de desinfecção e eventualmente o tratamento floculante (este pode ser aplicado antes dos filtros ou diretamente na piscina ao final do dia), antes de regressar purificada à piscina onde entra através dos bicos injectores (Aquaquímica, 2016).

A primeira variável a ser definida é o caudal de recirculação, seguindo-se o dimensionamento do circuito, da bombagem, do tanque de compensação, etc. Uma boa circulação da água no tanque da piscina permite alimentar a piscina com água tratada a um ritmo adequado às suas particularidades, e garantir uma ação eficaz do desinfetante, com a consequente remoção dos poluentes e dos microrganismos, evitando a sua multiplicação (Aquaquímica, 2016).

A Diretiva CNQ nº 23/93 sugere valores mínimos para os caudais de recirculação, em função da relação volume/profundidade, da natureza ambiental e da ocupação específica - relação banhistas/volume unitário - que depende do rendimento do sistema de tratamento que pode ser do tipo I ou tipo II.

A Diretiva menciona também que, no mínimo, 50% da água que sofre recirculação deverá ser coletada continuamente na superfície da bacia de natção. Esta recolha de superfície, destinada a remover a película superficial que se vai formando, pode ser feita pelos “skimers” (vulgarmente conhecidos pelo termo em inglês) e de seguida através de caleiras de transbordo que se devem desenvolver em pelo menos 2/3 do perímetro do tanque. Outra variável importante a que a Diretiva faz referência é a renovação de água. É aconselhável a renovação de 2 % de água, salvo exceções (Faria, 2012).

É importante salientar que todos os procedimentos acima mencionados e representados na Figura 7 do Anexo I, se referem unicamente a piscinas de uso público, pelo que em piscinas privadas a circulação funciona de forma um pouco diferente, uma vez que normalmente não existe tanque de compensação a alimentar todo este sistema.

## Capítulo 5. Caso de Estudo: Piscinas Municipais da Póvoa de Varzim

### 5.1. Descrição das Piscinas Municipais da Póvoa de Varzim

As Piscinas Municipais do caso de estudo situam-se no concelho da Póvoa de Varzim (PVZ), pertencente ao distrito do Porto, em frente ao estádio do Varzim Sport Club (Figura 11 - Anexo I). A cidade da PVZ tem 63 408 habitantes, tendo como área geográfica 82,21 Km<sup>2</sup> (Visitar Portugal, 2017).

O complexo de Piscinas Municipais foi inaugurado em junho de 1999 e está aberto ao público desde janeiro de 2000. É gerido pela Empresa Municipal Varzim Lazer. É formado por três piscinas, das quais duas são interiores - piscina olímpica (Figura 12 - Anexo I) e piscina de aprendizagem - e a outra é exterior - piscina de lazer (Figura 13 - Anexo I). Na Tabela 3 são apresentadas as características das piscinas.

**Tabela 3 - Características das Piscinas**  
Fonte: Varzim Lazer, 2017

<b>Características</b>	<b>Piscina Olímpica</b>	<b>Piscina de Aprendizagem</b>	<b>Piscina Exterior</b>
<b>Dimensões (c x l) (m)</b>	50 x 21	17 x 8	20,60 x 18,60
<b>Profundidade mín. (m)</b>	1,1	0,9	1,2
<b>Profundidade máx. (m)</b>	2,2	1,1	1,8
<b>Volume de água (m<sup>3</sup>)</b>	1732	146	577
<b>Dimensões (c x l x p) do tanque de compensação (m)</b>	2,3 x 8 x 4,5	1,31 x 5,56 x 1,37	2,3 x 3,5 x 4,5
<b>Volume do tanque de compensação (m<sup>3</sup>)</b>	82,8	9,98	36,2

No que se refere às modalidades praticadas no complexo das Piscinas Municipais, podem-se referir:

- Nas piscinas – hidroterapia, hidrofuncional, hidroginástica, hidrobike, natação para bebés e crianças, natação para adultos, treinos de natação de competição e treinos de polo-aquático.
- No ginásio – manutenção de condição física, treino em circuito, treino funcional, cycling, cardio/ABS, cardio/local, GAP, cross training, TRX, alongamentos, treino localizado.

Este edifício dispõe ainda de uma zona de balneários (

Figura 14 - Anexo I), dos quais dois são de acesso ao Staff (35 m<sup>2</sup> cada) e os outros dois são de utilização pública (119 m<sup>2</sup> cada).

A zona dos espaços técnicos localiza-se no piso inferior ao das piscinas. Neste espaço estão instalados todos os equipamentos necessários para uma boa recirculação e tratamento de água, tais como o sistema de bombagem, os filtros, o sistema de desinfecção, o equipamento para o doseamento dos produtos químicos (bombas doseadoras, depósitos, etc.), geradores de calor e tanques de compensação (um para cada piscina).

A recirculação de água é garantida pelo sistema de bombagem, composto por quatro bombas:

- Duas eletrobombas a funcionar em paralelo na piscina olímpica;
- Uma na piscina de aprendizagem;
- Uma na piscina exterior.

Todo o aquecimento da água e do ar é feito através de duas caldeiras com uma potência de 696 kW. O tratamento da água está descrito na Tabela 4 e demonstrado na Figura 15, na Figura 16 e na Figura 17 do Anexo I.

Tabela 4 - Tratamento da água nas Piscinas Municipais da PVZ  
Fonte: Varzim Lazer, 2017

Processo Unitário	Piscina Olímpica		Piscina Aprendizagem		Piscina Exterior	
	Qt.	Descrição	Qt.	Descrição	Qt.	Descrição
Filtração Multicamada	2	Ø3,1 m x 2,5 m	1	Ø1,7 m x 1,8 m	1	Ø1,9 m x 1,9 m
Sistema de Bombagem	2	100 m <sup>3</sup> /h	1	45 m <sup>3</sup> /h	1	50 m <sup>3</sup> /h
Controlo de cloro, pH e floculante	1	Controlo automático	1	Controlo automático	1	Controlo manual
Pós-desinfecção	1	Ultravioleta	1	Ultravioleta	-	-

## 5.2. Avaliação do Consumo Global de Água nas Instalações

Sendo as piscinas instalações que consomem quantidades consideráveis de água, na Tabela 28 – Anexo II, são apresentados os valores referentes ao consumo de água dos anos 2014, 2015 e 2016. É com base nestes valores que serão efetuados todos os cálculos necessários para o dimensionamento dos equipamentos de tratamento de água.

Na Figura 4 e na Figura 5 estão representados os consumos de água, em  $m^3$ , dos 3 anos. Verifica-se um aumento no consumo de água nos meses de Verão (junho, julho e agosto) devido à abertura da piscina exterior e à rega do relvado. Porém, no ano de 2015 é notória uma diminuição no consumo, principalmente no mês de agosto, uma vez que a piscina exterior esteve fechada. Com o início de aulas, em setembro, verifica-se um aumento substancial do consumo de água.

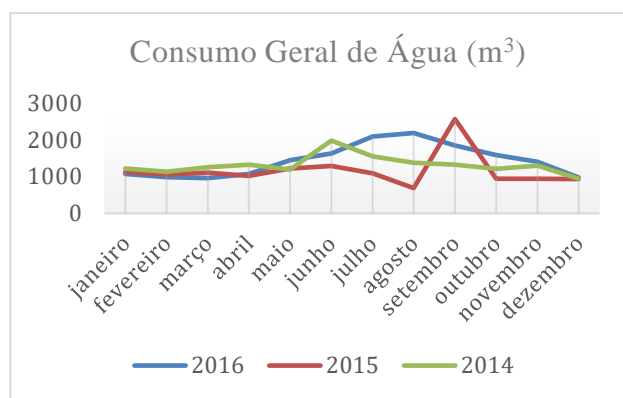


Figura 4 - Consumo global mensal de água nas Piscinas Municipais, em  $m^3$

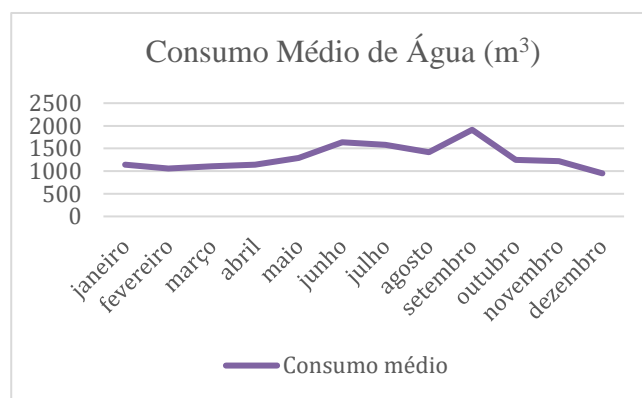


Figura 5 - Consumo médio mensal dos anos 2014, 2015 e 2016, em  $m^3$

Relativamente ao consumo de água, é de salientar que o valor pago na fatura discrimina os custos referentes a diferentes tarifas. Para além do valor da água propriamente dito, estão associados ao seu consumo taxas relativas ao saneamento, resíduos e recursos hídricos, sendo que, algumas destas tarifas têm uma taxa fixa e uma taxa variável.

A taxa fixa engloba todos os custos da entidade gestora por facultar o serviço aos consumidores, como dimensionamento de redes, equipamentos e infraestruturas de recolha, construção, operação, conservação e manutenção. Esta tarifa é sempre paga independentemente do consumo de água, desde que o serviço se encontre contratualizado (ERSAR, 2018).

Conforme menciona a Entidade Reguladora dos Serviços das Águas e Resíduos (ERSAR), existem outras designações comuns para esta taxa, tais como quota de disponibilidade, quota de serviço, tarifa de disponibilidade, tarifa de utilização ou tarifa fixa. A tarifa variável refere-se ao volume de água consumida, sendo usada para o cálculo dos valores relativos à taxa de águas

residuais e de resíduos urbanos. A mesma também se pode denominar por parte variável, tarifa de consumo, tarifa variável ou tarifa volumétrica (ERSAR, 2018).

**Tabela 5 - Tarifário do consumo de água das Piscinas Municipais da PVZ**  
Fonte: Varzim Lazer, 2017

<b>Consumos</b>	<b>Taxa Variável (TV) (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Taxa Fixa (TF) (€/dia)</b>	<b>IVA</b>
<b>Abastecimento de água</b>	0,85	0,3833	6%
<b>Saneamento de águas residuais</b>	1,1	0,123	Isento
<b>Resíduos urbanos</b>	0,64	0,1257	Isento
<b>Recursos Hídricos</b>	0,06	-	6%
<b>Total</b>	<b>2,65</b>	<b>0,63</b>	

A Tabela 5 foi elaborada com base na consulta às faturas de água da Empresa Municipal Varzim Lazer. Estes dados são importantes para se calcular qual o valor a poupar na fatura da água através da implementação do SAAP e do reaproveitamento da água de lavagem dos filtros para rega. Assim, o custo da água traduz-se na equação (2):

$$\text{Custo de Água} = TV_{total} \times \text{Volume (m}^3\text{)} + TF_{total} \times n^{\circ} \text{ dias} \quad (2)$$

### 5.3. Área de Captação

Neste caso de estudo, a área de captação é de particular importância, uma vez que é a partir desta que se pode estimar o volume de precipitação passível de se recolher.

A área da cobertura do complexo das piscinas municipais é de aproximadamente 8000 m<sup>2</sup>. Esta área foi calculada a partir da planta disponibilizada pelo Varzim Lazer.

Relativamente ao material que constitui a cobertura é tipo Sandwich, de chapa metálica, com espuma no núcleo. A Figura 18 do Anexo I mostra a área de captação total deste complexo em estudo.

#### **5.4. Pluviosidade na Póvoa de Varzim**

Para se definir a dimensão do reservatório de água para a implementação do SAAP, e qual o volume de água que se poderá aproveitar, é necessário analisar os níveis de precipitação. Uma das estações meteorológicas mais próximas da cidade Póvoa de Varzim é a estação de Viatodos em Barcelos, e por isso foi daí que foram extraídos os níveis de precipitação dos últimos 30 anos (1986-2016), conforme descrito na Tabela 29 – Anexo II.

O ano hidrológico é um período de 12 meses compreendido entre o início de duas estações de chuva consecutivas, que varia consoante o hemisfério. No hemisfério norte, começa em setembro/outubro. No hemisfério sul, inicia-se em março/abril. Em Portugal o ano hidrológico começa a 1 de outubro e termina a 30 de setembro. Inicia-se no mês de outubro por ser a época onde as reservas hídricas atingem o seu mínimo e onde começa o período chuvoso do ano.

Considera-se o período húmido do ano hidrológico de outubro a abril e o período seco de maio a setembro (IPMA, 2018).

Na Figura 19 do Anexo I são apresentados todos os valores médios de precipitação da estação meteorológica em estudo no período de 1986-2016, na qual se pode verificar que os meses com maior precipitação são os meses de outubro a janeiro, tal como era expectável.

## Capítulo 6. Dimensionamento do Projeto

Este projeto, para além de se concentrar no aproveitamento das águas pluviais, reaproveitará a água de lavagem dos filtros das piscinas para rega.

### 6.1. Aproveitamento da água pluvial para as instalações

Neste subcapítulo vamos identificar todas as operações unitárias para a implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Para isto usa-se um coeficiente de escoamento superficial designado de Coeficiente de Run-off, desenvolvido por irlandês Thomas Mulvaney, sendo o quociente entre a água que escoar superficialmente pelas calçadas e pelo total da água precipitada. Portanto, a perda de água de chuva varia devido a diversos fatores, nomeadamente à molha do telhado; à limpeza do telhado, à perda por evaporação, às perdas na autolimpeza, entre outros (Tomaz, 2010).

Na Tabela 6 estão identificados os coeficientes de Run-off que correspondem mediante as características dos telhados.

Tabela 6 - Coeficientes de Run-off  
Fonte: Adaptada (ANQIP, 2015)

Tipo de material do telhado	Coeficiente de Run-off
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Para se aplicar o coeficiente de Run-off, converteu-se a precipitação média mensal dos últimos 30 anos em  $m^3$ . Tendo em conta a área do telhado ( $8000 m^2$ ), obtém-se a equação (3).

$$\text{Média precipitação mensal (m}^3\text{)} = \frac{\text{Média precipitação mensal (mm)} \times A_{\text{telhado (m}^2\text{)}}}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}} \quad (3)$$

Através da equação (3), obtemos os seguintes valores da média de precipitação mensal, em  $m^3$ , no período de 1986-2016, conforme Tabela 7.



Tabela 7 - Média da precipitação mensal desde 1986-2016, em mm e m<sup>3</sup> (desde 1986-2016)

Meses	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
<b>Precipitação mensal (mm)</b>	187,0	184,9	216,5	213,3	136,9	118,5	139,9	111,8	37,5	24,5	33,7	87,6
<b>Precipitação mensal (m<sup>3</sup>)</b>	1496,0	1479,2	1732,0	1706,4	1095,2	948,0	1119,2	894,4	300,0	196,0	269,6	700,8

Na Tabela 8, dividiu-se a precipitação mensal em m<sup>3</sup> expressa na Tabela 7 pelo respectivo número de dias de cada mês. Assim, o volume médio de precipitação diário, desde 1986 a 2016, varia entre 6,3 m<sup>3</sup> a 55,9 m<sup>3</sup> – respetivamente, mínimo de precipitação diária no mês de julho e máximo do mês de dezembro. Logo, multiplicando a precipitação média diária/mês pelo Coeficiente de Run-off (0,95) do telhado deste caso de estudo obtém-se a quantidade real da água que poderá ser aproveitada (Tabela 8).

Tabela 8 - Média da precipitação aproveitada diariamente/mês, em m<sup>3</sup>, utilizando o coeficiente de Run-off (desde 1986-2016)

Meses	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
<b>Precipitação diária/mês (m<sup>3</sup>)</b>	<b>48,3</b>	49,3	55,9	55,0	39,1	30,6	37,3	28,9	10,0	<b>6,3</b>	8,7	23,4
<b>Coeficiente de Run-off (0,95)</b>	45,85	46,84	<b>53,08</b>	52,29	37,16	29,05	35,44	27,41	9,50	6,01	8,26	22,19

Dado que a precipitação não é uma variável constante e, por uma questão de precaução, até porque na prática esta poderá ser excedida, para se dimensionar o caudal de projeto considera-se o valor máximo de precipitação diária (53,08 m<sup>3</sup>). Pressupõe-se como caudal de projeto 60 m<sup>3</sup>/dia, o que resulta em 2,5 m<sup>3</sup>/h.

O armazenamento de água neste projeto é o fator com maior impacto no investimento inicial. O custo de uma estação de tratamento de água (ETA) para 2,5 m<sup>3</sup>/h não varia muito comparando com uma ETA de 5 m<sup>3</sup>/h (justificação no Anexo III). Ou seja, optando-se por uma ETA de 5 m<sup>3</sup>/h e tendo em conta os custos energéticos associados, verificou-se que conforme o ciclo semanal que as piscinas têm adotado, quantas mais horas a ETA funcionar no período Super Vazio (período mais barato segundo o tarifário energético – Anexo IV), mais económica será a exploração do ponto de vista energético.

Ainda, como outra vantagem para a escolha de uma ETA de 5 m<sup>3</sup>/h, sabe-se que quanto maior for o caudal, menor será o reservatório de armazenamento das águas pluviais, e consequentemente

menor será o custo deste. É deste balanço, que se optou por concentrar a operação no período “Super Vazio” e ter uma ETA de 5 m<sup>3</sup>/h.

$$Q_{projeto} = 5,00 \text{ m}^3/\text{h} \quad (4)$$

No Capítulo 4.1. foi descrito o tratamento de água de uma piscina, posto isto agora será descrito o tratamento da água pluvial para a possível entrada na água das piscinas. Assim, os processos unitários que constituem o SAAP são:<sup>1</sup>

1. Separação/Screening dos Sólidos de Maiores Dimensões;
2. First-Flush;
3. Separação de Óleos e Gorduras com Decantação;
4. Pré-desinfecção da Água;
5. Armazenamento de Água Bruta;
6. Pressurização da Água com Sistema de Bombagem;
7. Filtração Multicamada;
8. Filtração por Carvão Ativado;
9. Pós-desinfecção da Água;
10. Armazenamento de Água Tratada;
11. Pressurização da Bomba Transfega;
12. Desinfecção por Radiação Ultravioleta.

Seguidamente, serão explicadas cada uma das operações unitárias escolhidas para este projeto:

### **1. Separação/Screening dos Sólidos de Maiores Dimensões**

Por forma, a reter todas as partículas de maiores dimensões presentes no efluente bruto, o primeiro órgão de tratamento primário a ser usado é uma caixa de gradagem (Figura 20 - Anexo I). A caixa de gradagem está equipada com uma grelha de barras, inclinadas a 45°, em aço galvanizado e com um espaçamento entre barras de 8 mm (PremierTech, 2018).

---

<sup>1</sup> Nota: O dimensionamento do projeto contou com a colaboração da empresa Aquaquímica, Lda.

## 2. First-Flush

O First-Flush é o escoamento inicial ou primeira lavagem, sendo que se trata das primeiras águas pluviais captadas no telhado de cada chuvada, cujo desvio do sistema para esgoto, se recomenda por razões de baixa qualidade desta água.

O artigo mais citado na literatura é o de Yaziz et.al., (1989) onde são descritas várias experiências baseadas em volumes fixos. Este sugere, como regra geral, para o telhado deste caso de estudo (aproximadamente 3 x 5 m), que após os 5 litros, já não eram detetáveis coliformes fecais. Muitas vezes, particularmente nas áreas rurais de países de baixo rendimento, é muito subestimada a quantidade ideal a desviar no First-Flush e pouca atenção é dada à reinicialização do dispositivo – sistema baseado num volume fixo que recebe a primeira água e que após estar cheio reencaminha a água para o seu uso – e normalmente assume-se que o dispositivo será totalmente repostado antes de cada nova ocorrência de chuva. No entanto, estes volumes podem variar devido:

- À quantidade de poeira na superfície do telhado (em função do número de dias secos);
- À quantidade/tipo de detritos (ex.: folhas das árvores);
- À estação do ano.

A maioria dos dispositivos que existem no mercado são para aplicação doméstica ou para situações/países onde o rendimento *per capita* é baixo. Neste caso, trata-se de uma aplicação industrial, onde existe, ao nosso dispor, a tecnologia mais avançada e uma maior facilidade de implementação.

Para aplicação do First-Flush, é preciso dividir a tubagem em duas saídas distintas, sendo que as primeiras águas são desviadas para esgoto e as restantes para a ETA. Com a instalação de um relógio programador, para além de se definir por quanto tempo as águas serão desviadas para o esgoto e a quantidade que se consegue aproveitar, em função da qualidade destas, é possível ainda alterar os tempos da programação ao longo do ano. Estes valores podem variar conforme exista um maior ou menor tempo de precipitação.

À medida que chove mais, o telhado fica com menor sujidade e consequentemente pode-se diminuir o tempo das águas que saíam para esgoto. Faz-se o inverso (aumentar o número das primeiras águas a ir para esgoto) quando chove menos, visto que o telhado estará com maior sujidade. Com esta tecnologia, ultrapassa-se a dificuldade dos sistemas existentes, que se baseiam num volume fixo (Aquaquímica, 2016).

### 3. Separação de Óleos e Gorduras com Decantação

A segunda etapa de tratamento consiste na separação de óleos e gorduras, seguida de decantação. Não é expectável que existam grandes quantidades deste tipo de resíduos, no entanto, optou-se por colocar este separador como medida de prevenção devido à incidência de aves marinhas que pousam no telhado das piscinas, o que, aliado ao baixo custo do equipamento, justifica a sua inclusão. Nesse sentido vai ser utilizado um separador com decantador (PremierTech, 2018).

Com um cálculo rápido, facilmente se consegue escolher, na Tabela 30, o separador de gorduras mais apropriado à ETA. Dado a equação (5), obtém-se:

$$Q_{projeto} = \frac{5000 \text{ l/h}}{60 \text{ min} \times 60 \text{ s}} \cong 1,39 \text{ l/s} \quad (5)$$

Tendo em conta que o caudal de projeto de águas pluviais é de  $\cong 1,39 \text{ l/s}$ , a escolha do separador de gorduras recai sobre o modelo SG002 (Figura 21 - Anexo I).

### 4. Pré-Desinfecção da Água

Após estes processos de tratamento iniciais, as águas pluviais são encaminhadas para dois depósitos de armazenamento de água bruta. Contudo, o armazenamento das águas, em períodos de tempo alargados, é propício ao desenvolvimento de microrganismos no seu interior. Nesse sentido será doseada uma solução de hipoclorito de sódio para a desinfecção das águas pluviais.

Este processo de desinfecção será feito através de uma Bomba Doseadora (BD) que estará ligada um contador de água emissor de impulsos para que o doseamento seja proporcional ao caudal de passagem (Figura 22 - Anexo I). <sup>2</sup> A BD designada é a AT.AM 2 (Tabela 31).

---

<sup>2</sup> **Nota:** A BD é um equipamento que aspira de uma cuba o produto químico desinfetante e o injeta na água.

O Contador Emissor de Impulsos é semelhante aos que os Serviços Municipais instalam, porém possui um dispositivo elétrico que emite impulsos elétricos para a BD, a água que o atravesse, por ex.: por cada litro de água que passa, dá um impulso à BD, que por sua vez injeta o produto químico.

E o Depósito é um recipiente onde contém uma solução, neste caso será o Hipoclorito de Sódio.

## 5. Armazenamento de Água Bruta

Um dos principais obstáculos, em termos económicos, para a implementação de um SAAP é o custo do armazenamento da água da chuva, que representa, em muitas situações, 50% ou mais do custo de todo o investimento no SAAP. Tendo em conta este fator e considerando a disponibilidade existente no complexo das piscinas municipais, sugere-se a utilização do tanque de compensação da piscina exterior (capacidade de 36 m<sup>3</sup>) para um dos reservatórios da água bruta, uma vez que, a piscina exterior e, consequentemente o seu tanque, só são utilizados nos meses de verão (junho, julho e agosto – meses onde o valor da precipitação é, normalmente, inferior).

Para complementar o volume em falta e para garantir o aproveitamento das águas pluviais no Verão, propõe-se a utilização de um segundo tanque com a capacidade de 21 m<sup>3</sup>, uma vez que já não dispomos do tanque de compensação da piscina exterior.

Neste sentido, para o armazenamento de água bruta são utilizados dois reservatórios de água:

- Tanque de compensação da piscina exterior de 36 m<sup>3</sup> (Figura 23 - Anexo I);
- Adquirir um reservatório de 21 m<sup>3</sup> de capacidade individual (Figura 24 - Anexo I).

## 6. Pressurização da Água com Sistema de Bombagem

Tal como foi mencionado no início do estudo do caso prático, o caudal de projeto para o dimensionamento dos equipamentos da ETA é 5 m<sup>3</sup>/h. A bomba de água bruta a instalar na ETA tem como função alimentar o processo seguinte de tratamento das águas pluviais (filtração multicamada). Tendo em conta que a pressão aconselhável de funcionamento do filtro imediatamente após a bomba de pressurização é de 3 bar, será necessário escolher uma bomba que valide as duas condições anteriormente expostas. De forma a escolher a melhor bomba a adaptar à ETA, analisando as curvas de *performance* das bombas de pressurização (Figura 25 -Anexo I) consegue-se encontrar um modelo para o caudal de 5 m<sup>3</sup>/h @ 3 bar e que permite a bombagem da água bruta (Hydroo, 2018).<sup>3</sup>

$$\text{Funcionamento Nominal da Bomba} = 5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} @ 3\text{bar} \quad (6)$$

---

<sup>3</sup> **Nota:** Vão ser instaladas duas bombas em regime de alternância, tendo como segurança sempre uma bomba de reserva.

## 7. Filtração Multicamada

A filtração da água tem como objetivo principal a remoção dos sólidos em suspensão e a, conseqüente, redução da turvação da água. Os filtros multicamada podem ser constituídos por vários meios filtrantes, em diferentes camadas:

**1ª Camada:** Granulometria maior, com menor densidade;

**2ª Camada:** Granulometria média, com densidade média;

**3ª Camada:** Granulometria fina, com densidade mais elevada.

Assim, consegue-se ter “três filtros” numa só coluna. Os sólidos de maior dimensão ficam retidos na primeira camada, deixando passar os de média e pequena dimensão.

Os sólidos de dimensão média ficam retidos na segunda camada. Finalmente, os sólidos de menor dimensão que passaram na primeira e segunda camada vão ser interceptados na terceira camada.

Para o dimensionamento do filtro multicamada é importante ter em conta a velocidade a que as águas pluviais devem ser filtradas, visto que, quanto maior for o tempo de contacto que a água estiver com o meio filtrante, melhor será a eficácia da filtração.

O filtro multicamada escolhido é o F 21 AT 210 – 1”, representado na Figura 26 do Anexo I e exposto na Tabela 32 do Anexo II.

## 8. Filtração por Carvão Ativado

A utilização de um tratamento com carvão ativado garante uma redução acentuada da matéria orgânica (cor, cheiro e sabor) existente na água, permitindo a obtenção de valores da matéria orgânica ao permanganato inferiores a 0.5 mg/l O<sub>2</sub> e CQO's inferiores a 10 mg/l O<sub>2</sub> (valores de referência, dependentes da carga orgânica da água bruta) e ainda uma remoção dos compostos oxidantes presentes na água (cloro).

O processo para o dimensionamento do filtro de carvão ativado a utilizar na ETA é, em grande parte, semelhante ao do filtro multicamada. A grande diferença entre os dois processos é que a filtração em carvão ativado requer velocidades de operação mais baixas, visto que esta filtragem é um processo físico-químico baseado na adsorção dos compostos orgânicos presentes na água, por forças débeis, pelas paredes dos canais do carvão ativado.

O enchimento com material filtrante é o correspondente a 2/3 do volume da coluna, ficando o restante volume livre para a expansão do referido leito filtrante na operação de *Backwash* (Contra-Lavagem), como representado na Figura 27 - Anexo I. O filtro de carvão ativado escolhido é o CA 30 AT 470 – 1”, conforme Tabela 33 do Anexo II.

## **9. Pós-Desinfecção da Água**

As águas armazenadas em tanques, uma vez que estão em contato com o ar, vão perdendo o desinfetante por evaporação. Para, além disso, durante os períodos noturnos, o consumo de água vai ser menor, aumentando, dessa forma, o tempo de residência de água no tanque e consequentemente originará uma maior perda.

Neste sentido, é aconselhável fazer-se a pós-desinfecção em duas etapas complementares:

### **Etapas 1 – Pré-dosagem de cloro:**

Na água que chega à cisterna, será feita uma pré-dosagem (valor fixo via contador de água) de cloro numa concentração mínima (Figura 28 - Anexo I). Caso a água seja imediatamente consumida, não existe o risco da sobredosagem e como o tempo de residência é praticamente nulo, o cloro não é perdido. Caso a água fique retida no tanque durante períodos longos (ex. durante a noite) a próxima etapa (Etapa 2) vai complementar a falta de desinfetante na água.

### **Etapas 2 – Medição, controle e reposição do teor de cloro no tanque:**

Esta etapa caracteriza-se pela recirculação da água no tanque, fazendo-a passar por uma sonda de cloro que monitorizará o controle do valor de cloro real existente na água do tanque (Figura 29 - Anexo I).

Na conduta de saída de água é feita uma picagem para retirar uma linha de água para alimentação da sonda de cloro, que está interligada ao controlador, onde previamente será registado o valor pretendido de cloro residual. O controlador dará a informação a uma bomba doseadora de forma a dosear a solução de hipoclorito de sódio no caso de o valor pretendido ser inferior ao valor previamente estabelecido.

## 10. Armazenamento de Água Tratada

Na 5ª operação unitária, em vez de instalar um tanque de armazenamento de água de grande capacidade, que iria onerar drasticamente este tratamento, propõe-se aproveitar a capacidade instalada. Ou seja, considerando que o tanque de compensação da piscina interior tem uma capacidade mais que suficiente, em vez de trabalhar sempre com o tanque cheio, passa-se a trabalhar com ele a 50 % de capacidade ficando os restantes 50 % para receber a água tratada. Desta forma, sempre que chover este tanque estará cheio.

Por precaução, propõe-se adquirir ainda um reservatório de 21 m<sup>3</sup>, igual ao do ponto 5 (Figura 24 - Anexo I).

## 11. Pressurização da Bomba de Transfega

Por forma a transferir a água para os tanques de água tratada, será utilizada uma bomba transfega com as características (Hydroo, 2018):

$$\text{Funcionamento Nominal da Bomba} = 8,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} @ 10\text{bar} \quad (7)$$

## 12. Desinfecção por Radiação Ultravioleta

Pode parecer uma redundância, mas neste caso específico, visto que se trata de água para o uso em piscinas, é aconselhável fazer uma segunda desinfecção, mesmo que não exista contaminação microbiológica. Visto que durante a noite o consumo de água vai ser menor, o tempo de retenção da água na cisterna de água tratada vai aumentar, logo será uma boa prática efetuar uma última desinfecção antes da água ser aplicada no seu destino final. Neste caso específico foi escolhida a desinfecção por radiação ultravioleta.

A radiação UV, quando utilizada num determinado comprimento de onda, interfere no ADN das células dos microrganismos, interrompendo o seu funcionamento normal e incapacitando-os de se reproduzirem, tornando-os inativos. É, portanto, o mecanismo ideal para a desinfecção de água. Além de que não se adiciona mais produtos químicos à água, não existindo o problema da formação de Subprodutos de Desinfecção.

O maior problema é que afeta as *performances* dos sistemas de radiação UV é a quantidade de sólidos suspensos na água. Nesse sentido e como forma de precaução à eficácia da desinfecção da radiação de ultravioleta, será instalada uma microfiltração com células de filtração descartáveis:



- O primeiro filtro terá uma célula de filtração com porosidade de 50  $\mu\text{m}$ ;
- O segundo terá uma célula com porosidade de 5  $\mu\text{m}$ .

Os filtros seleccionados são denominados como Aqua Big – 20” (Figura 30 - Anexo I). Assegurada a diminuição dos sólidos suspensos na água, resta agora escolher o modelo para o aparelho ultravioleta. O aparelho escolhido é o Alfa 6 (Figura 31 - Anexo I), conforme o caudal de tratamento (Tabela 34). Após a desinfecção por ultravioletas, a água estará pronta para ser utilizada.

## 6.2. Reaproveitamento da água de lavagem dos filtros para rega

A segunda maior utilização de água no Complexo das Piscinas Municipais é para rega do relvado.

As necessidades de rega são inversamente proporcionais à disponibilidade das águas pluviais. Isto faz, com que, quando seja necessário regar, se use água da rede (água de elevada qualidade para o fim a que se destina). A rega do Complexo das Piscinas Municipais caracteriza-se por:

- Três sectores controlados por um programador automático;
- Dois períodos de rega (1h de manhã; 1h ao fim do dia).

Como um dos maiores desperdícios de água é a lavagem dos filtros das piscinas, propõe-se aproveitar esta água para rega.

Muito devido à forte utilização dos banhistas, nos meses de Verão, este relvado está sujeito a muita pressão e uma vez que se pretende avaliar a viabilidade económica deste aproveitamento, com um uso correto da água, não vamos utilizar os consumos de água atuais (também por dificuldade de obtenção de dados – só existe um contador de água geral), mas sim as necessidades reais da relva existente.

O objetivo da rega é prover às plantas a quantidade de água necessária para compensar as perdas de água por evaporação directa do solo e por transpiração das mesmas. Para isso recorre-se ao conceito de Evapotranspiração, que se designa pela “soma da evaporação da água pela superfície do solo com a transpiração das plantas” (Ribeiro, 2010). Representa, na prática, o consumo de água de uma cultura.

A taxa de evapotranspiração corresponde, à quantidade de água que se perde para a atmosfera num determinado período de tempo – expressa em milímetros por hora, por dia ou mês. Para as culturas agrícolas, bem como para os relvados a estimativa da evapotranspiração é habitualmente efectuada a partir Figura 32 do Anexo I.

A partir da Figura 33 do Anexo I aplica-se a seguinte fórmula:

$$ET_C = K_C \times ET_O \quad (8)$$

Em que,

- $ET_C$  = ET de uma cultura;
- $ET_O$  = ET de referência;
- $K_C$  = Coeficiente de uma determinada cultura.

Para se determinar qual a Evapotranspiração da relva ( $ET_C$ ) do Complexo das Piscinas Municipais, recorreu-se aos dados fornecidos pelo IPMA (Figura 34 – Anexo I) e calculou-se a média dos últimos 3 anos da  $ET_O$ , representada na Tabela 9.

Tabela 9 - Evapotranspiração da Póvoa de Varzim de 2015-2017  
Fonte: IPMA, 2018

Ano	$ET_O$ (mm/ano)
2015	1000
2016	1000
2017	1100
<b><math>\overline{ET_O} = 1033</math></b>	

Assim, para se calcular a  $ET_C$ , conforme a equação (8), são necessários os seguintes dados:

- Área do Relvado = 1700 m<sup>2</sup>;
- $\overline{ET_O} = 1033$  (Tabela 9);
- $K_C = 0,7$  (Tabela 35 – Anexo II).

$$ET_C = 0,7 \times 1033 = 723,10 \text{ mm/ano} \quad (9)$$

A partir da equação (9), consegue-se determinar qual o volume de água anual para rega:

$$\begin{aligned} \text{Volume de água anual} &= \frac{\text{Área do relvado} \times ET_C}{1000} \\ \frac{1700 \times 723,10}{1000} &\cong 1\,229,27 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (10)$$

Determinado o volume de água necessário para rega do relvado (1 229,27 m<sup>3</sup>), o próximo passo será quantificar a água que se obtém da lavagem dos filtros para a utilização em rega.

A operação de lavagem dos filtros é realizada em duas etapas:

- 1) *Back wash*/Contra-lavagem;
- 2) *Fast rinse*/Enxaguamento.

As águas provenientes da Contra-lavagem, possuem, basicamente o que foi acumulado durante a operação da filtração. Quanto às águas do Enxaguamento possuem uma qualidade muito superior sendo mais que suficiente para a utilização em rega.

É imperativo compreender qual o motivo pelo que os filtros de piscina têm que ser lavados. A primeira razão trata-se de que estes ficam sujos/colmatados e, portanto, é necessário efetuar a lavagem, e a segunda é por imposição legal, uma vez que obrigam a renovação no mínimo de 2% da água. Posto isto, para se determinar o volume de água da lavagem dos filtros diário é necessário ter em conta diversos factores nomeadamente: a frequência de lavagens, o caudal de lavagem e os tempos de lavagem dos filtros.

A partir da Tabela 10, obtém-se o volume de água da lavagem dos filtros gasto diariamente para cada piscina.

**Tabela 10 – Dados sobre os filtros das piscinas**

Piscinas	Frequência de lavagem dos filtros/dia	Caudal de Lavagem (m <sup>3</sup> /h)	Tempo de Contra Lavagem (min.)	Tempo de Enxaguamento (min.)	Tempo total (min.)	Volume de água da lavagem dos filtros (m <sup>3</sup> /dia)
<b>PO</b>	1	100	15	2	17	<b>28,3</b>
<b>PA</b>	1	50	10	2	12	<b>10</b>
<b>PE</b>	1	50	10	2	12	<b>10</b>

Considerando que as piscinas interiores (PA e PO) só estão abertas ao público 11 meses durante 1 ano, o volume anual de lavagem dos filtros destas piscinas é de 12 792,2 m<sup>3</sup>.

Relativamente à PE, apenas está em funcionamento 2 meses durante 1 ano. Aproveita-se a água da lavagem dos filtros desta piscina para compensar o consumo de água do mês de agosto, uma vez que as piscinas interiores estão fechadas. O volume anual de lavagem dos filtros da PE é de 600 m<sup>3</sup>.

Analisando os resultados anteriormente decritos, é de notar que a quantidade da água de lavagem dos filtros é excedentária (13 392,2 m<sup>3</sup>) para o fim a que se está a propor – consumo de água para rega anualmente é de 1 229,27 m<sup>3</sup> de água, demonstrado na equação (10). Nas conclusões finais deste trabalho apresentam-se várias alternativas para a água que não será reaproveitada.

Para melhor se adequar o tratamento a aplicar à água proveniente dos filtros para rega, tem que se ter em conta as características desta água, visto que são águas com elevado teor de sólidos suspensos, principalmente nos primeiros segundos da lavagem; contém matéria orgânica consideravelmente elevada; o teor de cloro é igual ao que as águas da piscina possuem na altura da lavagem dos filtros e, no Enxaguamento, esta água é de qualidade muito idêntica à das piscinas. Posto isto, o tratamento a aplicar é muito semelhante ao que aplicou se no First-Flush (Figura 35 - Anexo I). Uma vez que a matéria orgânica não é um factor prejudicial para este tipo de aplicação será doseado um produto redutor de cloro para não danificar o relvado.

Os equipamentos a instalar para a implementação deste projecto estão descritos na Tabela 22 do Capítulo 7.

## Capítulo 7. Análise e Viabilidade Económica

Neste capítulo serão apresentados todos os custos associados para cada sistema. Primeiramente serão abordados os custos do SAAP e de seguida os custos relativamente à água reaproveitada para rega.

### 7.1. Análise económica para o aproveitamento da água pluvial

A análise económica está dividida nos seguintes pontos:

- A) Investimento inicial/Custo dos Equipamentos;
- B) Custos de operação/*Cash-flows*;
- C) Poupança na fatura da água;
- D) Período de retorno;
- E) Valor Atual Líquido (VAL).

#### A) Investimento Inicial

O investimento inicial prende-se essencialmente com os custos de aquisição de todos os equipamentos para o SAAP. Partindo como pressuposto de que todos os equipamentos são adquiridos na mesma altura, os custos associados a estes equipamentos estão expostos na Tabela 11.

Tabela 11 - Custo dos equipamentos para aproveitamento das águas pluviais

EQUIPAMENTO	Qt. (Un.)	PREÇO UNITÁRIO (€)	PREÇO TOTAL (€)
Caixa de Gradagem	2	390,00 €	780,00 €
Separador de Gorduras com Decantador	1	680,00 €	680,00 €
Contador Emissor de Impulsos - 1"	2	150,00 €	300,00 €
Bomba Doseadora modelo AT.AM2	2	235,00 €	470,00 €
Depósito Calibrado de 100L	2	63,00 €	126,00 €
Depósito de Água Bruta	1	5 550,00 €	5 550,00 €
Grupo de Bombagem de Água Bruta	2	609,50 €	1 219,00 €
Filtro Multicamada com garrafa 21"	1	1 676,00 €	1 676,00 €
Filtro Carvão Ativado com garrafa 36"	1	4 060,00 €	4 060,00 €
Painel Controlo de Cloro	1	1 900,00 €	1 900,00 €
Tanque de Água Tratada	1	5 550,00 €	5 550,00 €
Filtro Aqua Big 20"	2	130,00 €	260,00 €
Aparelho Ultravioletas	1	979,00 €	979,00 €
Bomba de Água Tratada	1	267,00 €	267,00 €
Montagem	1	1 700,00 €	1 700,00 €
Quadro Elétrico	1	300,00 €	300,00 €
Rede de Água Pluviais	1	2 800,00 €	2 800,00 €
<b>Total</b>			<b>28 617,00 €</b>

## **B) Custos de Operação**

### **b.i) Custo Energético**

Contabilizaram-se os dados para obter os custos energéticos de todos os equipamentos, tendo como potência total instalada 879 W (Tabela 12).

**Tabela 12 - Potência dos equipamentos a instalar para aproveitamento das águas pluviais**

<b>EQUIPAMENTO</b>	<b>POTÊNCIA INSTALADA (W)</b>	<b>POTÊNCIA ABSORVIDA (W)</b>
Bomba Doseadora de Pré-Dosagem	20	20
Bomba Pressurização de Água Bruta	370	222*
Filtro Multicamada	4	4
Filtro Carvão Ativado	4	4
Bomba Doseadora de Pós-Tratamento	20	20
Sistema de Controlo de Cloro	35	35
Aparelho UV	80	80
Bomba Transfega	580	580
Quadro Elétrico	100	100
Iluminação	72	36
<b>Total</b>		<b>879 W</b>

\*Bomba funciona a 60% do regime máximo

Conforme estipulado no dimensionamento do projeto da ETA, a mesma funcionará a 5 m<sup>3</sup>/hora. Neste sentido, torna-se crucial calcular o número de horas diárias em que a ETA estará a funcionar num mês.

Na Tabela 13 é apresentado o horário de funcionamento elétrico diário da ETA para cada mês do ano, conforme exemplo.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Exemplo: Cálculo para o funcionamento elétrico da ETA no mês de outubro:

$$N.º \text{ de horas de funcionamento elétrico} = \frac{45,85 \frac{m^3}{dia}}{5 \frac{m^3}{h}} \cong 9,2 \text{ h/dia}$$

Período do “Super Vazio”: Utiliza as **4 h/dia** disponíveis;

Período do “Vazio”: Utiliza **5,2 h/dia** das 6,9 h/dia disponíveis.

Tabela 13 - Horário de funcionamento elétrico da ETA

Ciclo Semanal	€/kWh	N.º de horas (média ponderada)*	Horas de funcionamento elétrico											
			OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Super vazio	0,04601	4,0	4	4	4	4	4	4	4	4	1,9	1,2	1,7	4
Vazio	0,05367	6,9	5,2	5,4	6,6	6,5	3,4	1,81	3,1	1,5	0	0	0	0,4
Cheias	0,06223	10,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ponta	0,0683	2,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0,23021	24,0	9,2	9,4	11	10	7,4	5,81	7,1	5,5	1,9	1,2	1,7	4,4

\*Anexo V

Estipulou-se que a ETA vai funcionar do período mais barato para o mais caro. Assim, após efectuados todos os cálculos necessários, verifica-se que os dois ciclos semanais mais caros (Cheias e Ponta) são dispensáveis para este projeto.

Na Tabela 14, está demonstrado todo o custo energético da ETA em estudo. Tendo como custo total **98,66 €/ano.**<sup>5</sup>

Tabela 14 - Custo energético projetado para ETA

Ciclo Semanal	€/kWh	Potência absorvida (kW)	Custo (€)												
			OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	Total (€)
Super vazio	0,04601	0,879	5	4,9	5	5	4,5	5,01	4,9	5	2,3	1,5	2,1	4,9	50,05
Vazio	0,05367		7,6	7,6	9,7	9,4	4,5	2,65	4,4	2,2	0	0	0	0,6	48,62
Cheias	0,06223		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Ponta	0,0683		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
															98,66 €

<sup>5</sup> Exemplo: Cálculo para o custo energético da ETA no mês de outubro:

$$\text{Custo energético Super Vazio} = 0,04601 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 4 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \times 0,879 \text{ kW} \cong 5,00 \text{ €/dia}$$

$$\text{Custo energético Vazio} = 0,05367 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 5,2 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \times 0,879 \text{ kW} \cong 7,60 \text{ €/dia}$$

### b.ii) Custo dos Produtos Químicos

Os produtos químicos são utilizados em três etapas da ETA. Assim será calculado qual o custo dos mesmos ao fim de um ano. Para se efectuar este cálculo é necessário saber primeiramente qual o consumo do cloro, identificado na Tabela 15.

Tabela 15 - Dosagem de Cloro (Cl<sub>2</sub>) por Processo Unitário

Operação Unitária	Dosagem de cloro (Cl <sub>2</sub> em ppm)
Pré-desinfecção	2
Pós-desinfecção	1
Controlo e reposição de cloro	0,5
<b>Total</b>	<b>3,5</b>

Para efeito de cálculo são necessários os seguintes dados:

- Água aproveitada anualmente: 11 340 m<sup>3</sup> (Anexo VI)
- Custo do Hipoclorito de Sódio em cloro ativo 13,5%: 0,40 €/Kg
- Consumo total de cloro (Cl<sub>2</sub>): 3,5 ppm o que equivale a 3,5 g/m<sup>3</sup>

Considerando que a solução de Hipoclorito de Sódio contém apenas 0,135 em cloro ativo:

$$\begin{aligned} \text{Quantidade Total}_{\text{Hipoclorito de Sódio}} &= \frac{3,5 \text{ g/m}^3}{0,135} = 25,9 \text{ g/m}^3 \\ &= 0,0259 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned} \quad (11)$$

Logo, o custo anual dos produtos químicos para o volume de água é **117,48 €**.

### b.iii) Mão de Obra de Operação e Supervisão

Para facilmente se imputar custos desta natureza, estimou-se uma percentagem de utilização para cada aplicação. Assim, considera-se a seguinte chave de distribuição (Tabela 16):



Tabela 16 - Chave de distribuição para os dois sistemas de aproveitamento de água

Sistema de aproveitamento	Percentagem do custo
Água pluvial para as instalações	80%
Água de lavagem dos filtros para rega	20%

Estimando que o custo de mão-de-obra é 8,00 €/h; 1h/dia de mão-de-obra; e aplicando a chave de distribuição de 0,8 obtém-se como custo anual **2 336,00 €**, demonstrado na equação (12).

$$Custo\ Anual = \frac{8,00\ €}{dia} \times 0,8 \times 365\ dias = 2\ 336,00\ € \quad (12)$$

#### **b.iv) Custo de Monitorização e Acompanhamento da Qualidade da Água**

Habitualmente as empresas do ramo de tratamentos de água propõem um serviço de gestão da água, onde é feito o acompanhamento e monitorização do sistema instalado.

$$Preço\ Avença\ Típica = 100,00\ €/mês \quad (13)$$

Aplica-se a mesma chave de distribuição do ponto anterior, conforme Tabela 16.

Logo,

$$Custo\ Anual = \frac{100,00\ €}{mês} \times 0,8 \times 12\ meses = 960,00\ € \quad (14)$$

#### **b.v) Custos de Higiene e Segurança no trabalho**

Para o desempenho das funções de acordo com a higiene e segurança no trabalho, exigida por lei, é aconselhável o uso de equipamentos de proteção individual, nomeadamente luvas, touca e proteção de pés. Ainda, acrescenta-se o custo da água para a preparação de soluções e reagentes, bem como os produtos e reagentes de limpeza. Assim, estima-se:

$$Custos\ de\ higiene\ e\ segurança\ no\ trabalho = 100,00\ €/mês \quad (15)$$

Aplica-se a mesma chave de distribuição dos pontos anteriores, conforme Tabela 16.

Logo,

$$Custo\ Anual = \frac{100,00\ €}{m\ê s} \times 0,8 \times 12\ meses = 960,00\ € \quad (16)$$

#### **b.vi) Custos de Manutenção**

Pressupõe-se que os custos de manutenção dos equipamentos são, aproximadamente, 5% dos custos dos equipamentos. Sendo o custo dos equipamentos 28 617,00 € (Tabela 11), o custo de manutenção anual é de **1 430,85 €**.

#### **b.vii) Custos dos Consumíveis (Cargas filtrantes)**

Existem determinados equipamentos que contêm consumíveis, neste sentido será necessário serem substituídos ao longo do tempo. Na Tabela 17 estão identificados todos os custos e a periodicidade associados a estes.

Tabela 17 - Custo dos consumíveis

Equipamento	Custo de Substituição (€)	Periodicidade	Custo Anual (€)
Filtro Multicamada	157,50 €	6 em 6 anos	26,25 €
Filtro Carvão Ativado	450,00 €	3 em 3 anos	150,00 €
Microfiltração	40,00 €	6 em 6 meses	80,00 €
Lâmpada UV	120,00 €	1 em 1 ano	120,00 €
<b>Total</b>			<b>376,25 €</b>

#### **b.viii) Resumo do Custos de Operação Anuais/ *Cash-flows***

A Tabela 18 mostra um resumo de todos os custos anuais que o Complexo das Piscinas Municipais irá sofrer com a implementação de um SAAP, desde os custos energéticos aos custos dos consumíveis, pelo que se pressupõe que se mantenham iguais nos próximos 3 anos.

Tabela 18 - Custos totais de operação/ *Cash-flows*

Discriminação dos custos/ <i>Cash-flows</i>	€/ano
Custos Energético	98,66 €
Custo com Produtos Químicos	117,48 €
Mão-de-obra de Operação e Supervisão	2 336,00 €
Custos de Acompanhamento e Monitorização	960,00 €
Custos de higiene e segurança no trabalho	960,00 €
Custos de Manutenção	1430,85€
Custos dos Consumíveis	376,25 €
<b>Total</b>	<b>6 279,24 €</b>

### C) Poupança na Fatura de Água

Mediante o tarifário da água, exposto na Tabela 5, calcula-se o custo da água através da equação (2). Assim,

$$\begin{aligned}
 \text{Custo de Água} &= TV_{total} \times \text{Volume (m}^3\text{)} + TF_{total} \times n^{\circ} \text{ dias} \\
 &= (2,65 \times 11\,340) + (0,63 \times 366) \\
 &= 30\,051,00 + 230,58 \\
 &= \mathbf{30\,281,58 \text{ €}}
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

Obtido o custo de água, é necessário retirar o custo de operação anual (em €/m<sup>3</sup>)

$$\text{Custo de operação anual} = \frac{6\,279,24 \text{ €}}{11\,340 \text{ m}^3} = 0,55 \text{ €/m}^3
 \tag{18}$$

e em função do volume de água aproveitada, (11 340 m<sup>3</sup>).

A poupança líquida anual na fatura da água é de **24 044,58 €**.

### D) Período de Retorno

Por fim, sabendo o valor da instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais e o valor da poupança anual na fatura da água é possível calcular o período de retorno do investimento.

Se,

$$\text{Investimento Inicial} = 28\,617,00 \text{ €}$$

E,

$$\text{Poupança Líquida Anual na Fatura da Água} = 24\,044,58 \text{ €}$$

Então,

$$\begin{aligned}\text{Período de Retorno} &= \frac{28\,617,00 \text{ €}}{24\,044,58 \text{ €}} \cong 1,2 \text{ anos} \\ &= 1,2 \text{ anos} \times 12 \text{ meses} \cong 14 \text{ meses}\end{aligned}\tag{19}$$

O período de retorno é aproximadamente **1 ano e 2 meses**.

### **E) Valor Atual Líquido (VAL)**

A viabilidade do projeto de investimento será avaliada através do VAL. Entende-se como valor atual, o valor hoje de um determinado montante a alcançar no futuro. Este critério de avaliação implica o cálculo do valor atual de todos os *cash-flows* relacionados com o projeto. Estes *cash-flows* surgem apenas no futuro, sendo necessário atualizá-los a uma taxa - taxa de desconto - para depois os comparar com o valor do investimento inicial (Soares et al. 2015). De seguida, será apresentada a equação 20 para a realização do VAL:

$$VAL = I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i}\tag{20}$$

Em que,

$I_0$  = Investimento em Capital Fixo;

$CF$  = *Cash-Flow* Operacional;

$k$  = Taxa de desconto.

Analisados todos os constituintes dos *cash-flows* fulcrais do projeto, apresentados na Tabela 18, segue-se a respetiva análise do VAL. Para a elaboração da análise financeira e viabilidade do presente estudo, foram utilizados os seguintes pressupostos:

- Não foi considerado o efeito da inflação no cálculo dos *cash-flows*, isto significa que a análise é feita a preços constantes;
- A taxa de desconto utilizada foi a Taxa de Obrigações do Tesouro a 10 anos, de 3%, tal como vigorou a junho de 2017 pelo leilão de emissão de bilhetes de Tesouro (IGPC, 2017). Não foi considerado prémio de risco associado à taxa de desconto, uma vez que se assume que está implícito e também, porque o projeto trata-se de um

serviço público, não havendo por isso priorização do objetivo de retorno do investimento.

**Tabela 19 - Descrição das Variáveis do VAL**

Descrição das variáveis	Montantes
Investimento em Capital Fixo	- 28 617,00 €
Cash-Flow Operacional (a+b)	24 002,34 €
a) Variação Despesa de Manutenção	-6 279,24 €
b) Variação Consumo Água	30 281,58 €
Taxa de Desconto	3%
Período de Análise	3 anos

Através das variáveis expostas da Tabela 19 é possível analisar a viabilidade da implementação do SAAP, segundo a metodologia do VAL. Como tal, o *cash-flow operacional* (24 002,34 €) é atualizado, ao ano de 2017, à taxa de desconto aplicada e avaliado num período de 3 anos. Na Tabela 20 são demonstrados os resultados obtidos do *cash-flow operacional* atualizado do ano 1, 2 e 3, (2018 a 2020).<sup>6</sup>

**Tabela 20 - Cash-flow Operacional atualizado ao ano 1, 2 e 3**

Ano	1	2	3
<b>Cash-flow operacional atualizado</b>	23 303, 24 €	22 624, 51 €	21 965,54 €

Ao analisar esta tabela, verifica-se que, de ano para ano, os valores de retorno do *cash-flow operacional* vão desvalorizando, ao serem atualizados ao período atual.

Na Tabela 21 é apresentado o VAL referente à viabilidade económica da implementação do SAAP, no período de 3 anos.

**Tabela 21 - Cálculo do VAL**

$\Delta I_0$	- 28 617,00 €
Total Cash-flow atualizado	67 893,29 €
<b>VAL</b>	<b>39 276,29 €</b>

<sup>6</sup> Nota: Foi escolhido o período de 3 anos para se analisar os dois projetados implementados no mesmo espaço de tempo.

O VAL deste projeto de investimento é de **39 276,29 €** apresentando desta forma viabilidade económica e financeira, uma vez que o VAL é  $> 0$ . Assim, conclui-se que num prazo inferior a 3 anos este projeto é rentável para o Complexo das Piscinas Municipais, visto que os *cash-flows* gerados cobrem o investimento inicial e ainda atingem um excedente financeiro.

## 7.2. Análise económica para o reaproveitamento de água para rega

A análise económica está dividida nos seguintes pontos:

- A) Investimento inicial/Custo dos Equipamentos;
- B) Custos de operação/*Cash-flows*;
- C) Poupança na fatura da água;
- D) Período de retorno;
- E) VAL.

### A) Investimento Inicial

O investimento inicial prende-se pelos custos de aquisição de todos os equipamentos para o reaproveitamento da água para rega. Os custos associados a estes equipamentos estão expostos na Tabela 22.

Tabela 22 - Custo dos equipamentos para a rega

EQUIPAMENTO	Qt. (Un)	PREÇO UNITÁRIO (€)	PREÇO TOTAL (€)
Bomba Doseadora modelo AT.AM2	1	235,00 €	235,00 €
Depósito Calibrado de 100L de capacidade	1	63,00 €	63,00 €
Tanque de água tratada de 11 m <sup>3</sup>	1	2 422,50 €	2 422,50 €
Sistema de válvulas de borboleta	4	199,75 €	799,00 €
Bomba de pressurização	1	640,05 €	640,05 €
Montagem	-	500,00 €	500,00 €
Alteração do Quadro Elétrico	1	100,00 €	100,00 €
Rede de Águas	-	400,00 €	400,00 €
<b>Total</b>			<b>5 159,55 €</b>

## **B) Custo de Operação/ *Cash-flows***

### **b.i) Custo Energético**

Contabilizaram-se os dados para obter os custos energéticos de todos os equipamentos, tendo como potência total instalada 986 W (Tabela 23).

Tabela 23 - Potência dos equipamentos a instalar para a rega

EQUIPAMENTO	POTÊNCIA INSTALADA (W)	POTÊNCIA ABSORVIDA (W)
Bomba Doseadora	20	20
Bomba de pressurização	1500	900*
Quadro Elétrico	30	30
Iluminação	72	36
<b>Total</b>		<b>986 W</b>

\*Bomba funciona a 60% do regime máximo

Considerando que a operação de rega é realizada em dois períodos diferentes do dia, Períodos “Super Vazio” e “Vazio”, o custo energético é de 0,04984 €/kWh (média do custo dos dois períodos).

Como a rega tem uma duração de 2 horas, o custo energético total é 35,88 €, conforme equação (21).

$$\begin{aligned} \text{Custo energético} &= 0,04984 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 0,986 \text{ kW} \times 2 \text{ h} \times 365 \text{ dias} \\ &\cong \mathbf{35,88 \text{ €/ano}} \end{aligned} \quad (21)$$

### **b.ii) Custo dos Produtos Químicos**

Neste ponto, o único produto químico utilizado será o redutor de cloro, assim:

- Dosagem do redutor de cloro =  $10 \text{ g/m}^3 = 0,01 \text{ Kg/m}^3$
- Custo do redutor de cloro = 3,50 €/Kg
- Volume de água de lavagem de rega aproveitada =  $1\,229,27 \text{ m}^3$

O custo anual de produtos químicos é **43,02 €**.

### **b.iii) Mão de Obra de Operação e Supervisão**

Neste ponto, aplica-se a chave de distribuição estimada de 20%, conforme Tabela 16.

Estimando-se que o custo de mão-de-obra é 8,00 €/h; 1h/dia de mão-de-obra; e aplicando a chave de distribuição de 0,2 obtém-se como custo anual **584,00 €**.

### **b.iv) Custo de Monitorização e Acompanhamento da Qualidade da Água**

Habitualmente as empresas do ramo de tratamentos de água propõem um serviço de gestão da água, onde é feito o acompanhamento e monitorização do sistema instalado, demonstrado na equação (13).

Aplica-se a mesma chave de distribuição do ponto anterior. Logo,

$$Custo\ Anual = \frac{100,00\ €}{mês} \times 0,2 \times 12\ meses = \mathbf{240,00\ €} \quad (22)$$

### **b.v) Custos de Higiene e Segurança no trabalho**

Para o desempenho das funções de acordo com a higiene e segurança no trabalho, exigida por lei, é aconselhável o uso de equipamentos de proteção individual, nomeadamente luvas, touca e proteção de pés. Ainda acrescentar-se-á o custo da água para a preparação de soluções e reagentes, bem como os produtos e reagentes de limpeza, entre outros.

Os custos estimados estão representados na equação (15).

Aplica-se a mesma chave de distribuição dos pontos anteriores. Logo,

$$Custo\ Anual = \frac{100,00\ €}{mês} \times 0,2 \times 12\ meses = 240,00\ € \quad (23)$$

### **b.vi) Custos de Manutenção**

Uma vez que se trata de um sistema em que as operações electromecânicas têm um custo inferior, estima-se que os custos de manutenção dos equipamentos são, aproximadamente, 3% dos custos dos equipamentos. Sendo o custo dos equipamentos 5 441,00 € (Tabela 22), o custo de manutenção anual é **163,23 €**.



### b.vii) Resumo dos Custos de Operação Anuais/ *Cash-flows*

A Tabela 24 mostra um resumo de todos os custos anuais que o Complexo das Piscinas Municipais irá sofrer com a implementação do sistema de reaproveitamento de água para rega, desde os custos energéticos aos custos de manutenção, pelo que se pressupõe que se mantenham iguais nos próximos 3 anos.

Tabela 24 - Custos totais de operação

Discriminação dos custos/ <i>Cash-flows</i>	€/ano
Custos Energético	35,88 €
Custo com Produtos Químicos	43,02 €
Mão-de-obra de Operação e Supervisão	584,00 €
Custos de Acompanhamento e Monitorização	240,00 €
Custos de higiene e segurança no trabalho	240,00 €
Custos de Manutenção	163,23 €
<b>Total</b>	<b>1 306,13 €</b>

### C) Poupança na Fatura de Água

A poupança resultante do aproveitamento da água em €, pela fórmula da equação (2) será:

$$\begin{aligned} \text{Custo de Água} &= TV_{total} \times \text{Volume (m}^3\text{)} + TF_{total} \times n^{\circ} \text{ dias} \\ &= (2,65 \times 1\,229,27) + (0,63 \times 366) \\ &= 3\,257,57 + 230,58 \\ &= 3\,488,15 \text{ €} \end{aligned} \tag{24}$$

Calculando-se o custo de água, é necessário retirar o custo de operação anual (em €/m<sup>3</sup>)

$$\text{Custo de operação anual} = \frac{1\,306,13}{1\,229,27} \cong 1,06 \text{ €/m}^3 \tag{25}$$

e em função do volume de água aproveitada, (1 229,27 m<sup>3</sup>).

Então, a poupança líquida anual na fatura da água é **2 185,12 €**.

#### D) Período de Retorno

Agora, sabendo o valor da instalação do sistema de reaproveitamento da água de lavagem dos filtros para rega e o valor da poupança anual na fatura da água, é possível calcular o período de retorno do investimento.

Se,

$$\text{Investimento Inicial} = 5\,159,55\text{€}$$

E,

$$\text{Poupança Líquida Anual na Fatura da Água} = 2\,185,12\text{€}$$

Então,

$$\begin{aligned}\text{Período de Retorno} &= \frac{5\,159,55\text{€}}{2\,185,12\text{€}} \cong 2,4\text{ anos} \\ &= 2,4\text{ anos} \times 12\text{ meses} \cong 28\text{ meses}\end{aligned}\tag{26}$$

O período de retorno é aproximadamente 2 anos e 4 meses.

#### E) Valor Atual Líquido (VAL)

Como já foi definido no Subcapítulo anterior, 7.1., também será calculado o VAL para este projeto de investimento, conforme equação 20.

Posto isto, analisados todos os constituintes dos *cash-flows*, apresentados na Tabela 24, segue-se a respetiva análise do VAL. Para elaboração da análise financeira e viabilidade do presente estudo, foram utilizados os mesmos pressupostos do projeto anterior (SAAP).

Tabela 25 - Descrição das Variáveis do VAL

Descrição das variáveis	Montante
Investimento em Capital Fixo	- 5 159,55 €
Cash-Flow Operacional (a+b)	2 182,02 €
a) Variação Despesa de Manutenção	- 1 306,13 €
b) Variação Consumo Água	3 488,15 €
Taxa de Desconto	3%
Período de Análise	3 anos

Através das variáveis apresentadas na Tabela 25, é possível analisar a viabilidade do reaproveitamento da água para a rega, segundo a metodologia VAL. Para tal, o *cash-flow operacional* (2 182,02 €) é atualizado à taxa de desconto aplicada e avaliado num período de 3 anos. Na Tabela 26 são apresentados os resultados obtidos do *cash-flow operacional* atualizado ao ano 1, 2 e 3, (2018 a 2020).

Tabela 26 - *Cash-flow* Operacional atualizado ao ano 1, 2 e 3

Ano	1	2	3
<b><i>Cash-flow</i> operacional atualizado</b>	2 118, 46 €	2 056,76 €	1 996,85 €

Ao analisar a tabela anterior, pode-se identificar que de ano para ano os valores de retorno do *cash-flow* operacional vão desvalorizando, ao serem atualizados ao período atual. Na Tabela 27 é apresentado o VAL referente à viabilidade económica do reaproveitamento da água de lavagem dos filtros para rega.

Tabela 27 - Cálculo do VAL

$\Delta I_0$	- 5 159,55 €
Total Cash-flow atualizado	6 172,07 €
<b>VAL</b>	<b>1 012,52 €</b>

O VAL deste projeto de investimento é de **1 012,52 €** apresentando desta forma viabilidade económica, uma vez que o  $VAL > 0$ . Assim, conclui-se que num prazo inferior a 3 anos este projeto é rentável para o Complexo das Piscinas Municipais.

## Capítulo 8. Conclusão

Em grande parte, devido à distribuição desigual de água, tornou-se emergente a necessidade de procurar soluções para a escassez hídrica que o mundo está a vivenciar. Uma vez que as piscinas municipais necessitam de elevadas quantidades de água para o seu funcionamento, é de todo importante que esta atual problemática da escassez dos recursos hídricos seja um incentivo para se efetuar uma gestão responsável deste recurso.

O presente trabalho optou por estudar o caso das Piscinas Municipais, em particular as da Póvoa de Varzim, onde o consumo de água potável é avultado e onde se podem aplicar várias políticas para a redução do consumo de água. Desta forma, analisou-se a viabilidade económica e financeira da implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e o reaproveitamento da água de lavagem dos filtros para o uso na rega. Verificou-se que com a aplicação destes projetos consegue-se diminuir o consumo de água potável em **12 569,27 m<sup>3</sup>/ano**, que se traduz numa poupança em termos económicos de **33 769,73 €/ano**. Através do cálculo do Valor Atual Líquido, consegue-se ainda concluir que ambos os projetos de investimento são rentáveis para o Complexo das Piscinas Municipais, uma vez que no período que se escolheu analisar, de 3 anos, o VAL do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais atinge o valor de **39 276,29 €** e o VAL do reaproveitamento da água dos filtros para rega atinge o valor de **1 012,52 €**, ambos indubitavelmente positivos. Embora o período de retorno dos investimentos seja inferior a este período de tempo, especialmente no primeiro caso, optou-se por realizar uma análise num período ligeiramente mais longo, para se tornar mais claras as vantagens económicas deste projeto.

O aproveitamento de águas pluviais é umas das medidas que se poderá implementar em diversos países onde o acesso a água é diminuto. É imperativo repensar e refazer a legislação que está associada a esta medida para que o aproveitamento de águas pluviais seja tido em conta como uma solução altamente eficiente em termos ambientais. Todavia, detetou-se que um dos maiores entraves para a implementação de um projeto desta natureza, é o custo do armazenamento de água, que representa quase 50% dos custos totais, pelo que se torna um impedimento para que em países com um rendimento *per capita* baixo implementem estes sistemas de aproveitamento de água. Este custo não se traduz só na água, sendo notório que o custo de armazenamento tanto da água como da energia solar ou de qualquer outro elemento do nosso planeta acarreta custos elevadíssimos.

Quanto a trabalhos futuros para uma melhor gestão da água em piscinas municipais, apresentam-se algumas sugestões, nomeadamente:

- Estudar a probabilidade de aproveitar o calor contido na água de lavagem dos filtros, para além do aproveitamento propriamente dito da água;
- Desafiar o legislador, a atualizar as leis por forma a permitir a reintrodução da água de lavagem dos filtros com o tratamento adequado (sendo que já existem alguns estudos sobre esta medida);
- Atuar na fase de projeto de um edifício para que sejam implementadas, desde logo, diferentes formas de reaproveitar a água, tais como utilizar a água de lavagem dos filtros nas instalações sanitárias.

Finalmente, como principal limitação a este estudo, verificou-se que a bibliografia sobre a eficiência hídrica e as diferentes formas de aproveitar as diversas origens de água para o seu uso racional é ainda muito escassa. As atenções continuam a centrar-se mais na eficiência energética do que na hídrica. Por isso mesmo, espera-se que a presente dissertação possa ser um contributo para futuros trabalhos, centrados nesta temática, mas alargados a outros universos de aplicação.

## Referências bibliográficas

Aguiar, M. (2012), *Sustentabilidade no uso da água para rega em estruturas desportivas*. Lisboa. Instituto Politécnico de Setúbal. Dissertação de Mestrado em Construção Civil.

ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais). (2015a). Especificação Técnica ETA 0701. Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP).

ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais). (2015b). Especificação Técnica ETA 0702. Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais.

APA (Agência Portuguesa do Ambiente) (2015), Relatório do Estado do Ambiente 2015. Portugal.

APA (Agência Portuguesa do Ambiente) e MAMAOT (Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território) (2012), *Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água (PNUEA), Implementação 2012-2020*. Lisboa. Portugal.

Aquaquímica (2016), *Tratamento de Água de Piscina*. Disponível em <https://acquazulsite.wordpress.com/tratamento-de-piscinas/tratamento-da-agua-de-piscina/>.  
Acedido em 08.10.2017.

Beleza, V., R. Santos. e M. Pinto (2007), *Piscinas: Tratamento de águas e utilização de energia*. Edições Politema.

Bertolo, E. e Simões, V. (2008). Manual sobre Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial. Curso Aproveitamento de Água da Chuva em Edifícios para Fins Não Potáveis. ANQIP.

Centers for Disease Control and Prevention (CDCP) (2009). Pool chemical-associated health events in public and residential settings - United States, 1983-2007. MMWR Morb Mortal Wkly Rep, Maio; 58 (18):489-493.

Chowdhury, S., K. Alhooshani and T. Karanfil (2014). "Disinfection byproducts in swimming pool: Occurrences, implications and future needs." Water Research 53: 68-109.

Coombes, P.J., H. Duncan, A.T. Spinks, C. Evans, C.T. Harrison (2006) “*Key messages from a decade of water quality research into roof collected rainwater supplies*”. 1st National Hydropolis Conference. Burswood Convention Centre, Perth, Western Australia.

Cosentino, G. (2009), “Aproveitamento de águas pluviais na terra do samba. Indústria e Ambiente”, *Revista de Informação Técnica e Científica*, nº 59. Pubblindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Costa, A. (2010), *Águas Pluviais em Meio Urbano - Contribuição de Lisboa para o seu uso sustentável*. Lisboa. Universidade Nova de Lisboa. Dissertação de mestrado em Engenharia Sanitária.

DGS (Direção Geral da Saúde) (2015), *Utilização de piscinas: Riscos e Medidas de Controlo*. Disponível em <http://www1.ipq.pt/PT/Pages/Homepage.aspx>. Acedido em 12.01.2017.

Döll, P., Jiménez-Cisneros, B. E., Oki, T., Arnell, N. W., Benito, G., Cogley, J. G., Jiang, T., Kundzewicz, Z. W., Mwakalila S. and Nishijima, A., (2014). Integrating Risks of Climate Change into Water Management. *Hydrological Sciences Journal*, 60, 4-13.

ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos) (2018), *Tarifas dos Serviços*. Disponível em <http://www.ersar.pt/pt/consumidor/tarifas-dos-servicos>. Acedido em 20.01.2018.

Euzen, A., Morehouse, B. (2011), *Water: What values? Policy and Society*, 30, pp. 237-247.

Falkenmark, M. (1984). New Ecological Approach to the Water Cycle: Ticket to the Future. *Ambio*, 13(3): 152–160.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2012). *Coping with waterscarcity: an action framework for agriculture and food security*. FAO. Roma.

Faria, A. (2012), *Piscinas: Instalações e Tratamento de água*. Lisboa. IPDJ (Instituto Português do Desporto e Juventude).

FPN (Federação Portuguesa de Natação) (2018), *Um percurso de quase 100 anos*. Disponível em <http://www.fpnatacao.pt/federacao/institucional/historial>. Acedido em 13.04.2017.

Ferreira, Andreia Santos. (2013). *Piscinas em Portugal – Conceção Arquitetónica das Piscinas Municipais de São João da Madeira*. Lisboa. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Gabrielsen, A. (1987), *Swimming Pool - Guide to their Planning, Design and Operation*. Council for National Cooperation in Aquatics. Indianapolis.

Gomes, J. (2015), *Avaliação Hídrica de Piscinas: Caso de estudo realizado nas Piscinas Municipais de Mangualde*. Porto. Universidade do Porto. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil.

Gregório, V. e Martins, M. (2011). “*Water and Energy Connections for a new sustainability*”. VIII Congress of Portuguese Geography. Universidade Nova de Lisboa. Outubro.

Herrmann, T. e SCHMIDA, U. (1999), *Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects*. Urban water, 1999.

Hydroo (2018). *Catálogo*. Disponível em <http://www.hydroo.com/en/catalogue/>. Acedido em 02.03.2018.

IGPC (Agência de Gestão da Tesouraria e da Dívida Pública) (2017), *Obrigações do Tesouro – Leilões de obrigações de Tesouro*. Disponível em <https://www.igcp.pt/pt/menu-lateral/leiloes/obrigacoes-do-tesouro/>. Acedido em 02.03.2018.

IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera). (2018), *Boletim Climatológico*. Disponível em <http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1>. Acedido em 20.01.2018.

Kanan, A. e Karanfil, T., (2011). Formation of disinfection by-products in indoor swimming pool water: the contribution from filling water natural organic matter and swimmer body fluids. *Water Res.* 45 (2), 926–932.

Kim, H. e Han, K., (2011). Swimmers contribute to additional formation of N-nitrosamines in chlorinated pool water. *Toxicol. Environ. Heal. Sci.* 3 (3), 168–174.



Lopes, Maria da Conceição (2008), *Arte Portuguesa da Pré-História ao Século XX: Expressões Artísticas Anteriores à Formação de Portugal*. Fubu Editores SA.

Mano, A. P. (2012). Abastecimento Público de Água. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente. Lisboa. Universidade Nova de Lisboa.

Murase, M. (2009) "*Innovative rainwater museum in Japan*". The 8th International Conference on Urban Drainage Modelling and the 2nd International Conference on Rainwater Harvesting and Management. Tokyo, Japan. 7–12th September.

MWH (Montgomery Watson Hazra), (2005). Water Treatment: Principles and Design. John Wiley & Sons, NJ, USA.

Papadopoulou, C., V. Economou, H. Sakkas, P. Gousia, X. Giannakopoulos, C. Dontorou, G. Filioussis, H. Gessouli, P. Karanis and S. Leveidiotou. (2008). "Microbiological quality of indoor and outdoor swimming pools in Greece: Investigation of the antibiotic resistance of the bacterial isolates." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 211(3-4): 385-397.

Partzsch, L. (2009), *Smart regulation for water innovation — the case of decentralized rainwater technology*. J. Clean. Prod. 17 985–991.

Pedroso, M., (2009). Exposição Ocupacional em Piscinas Cobertas do tipo I e II. Porto. Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública.

PremierTech (2018), *Recolha de águas Pluviais*. Disponível em [http://www.premiertech.pt/produtos\\_armazenamento\\_RAP.html](http://www.premiertech.pt/produtos_armazenamento_RAP.html). Acedido em 20.02.2018.

Ribeiro, A., (2010), *Manual de Boas Práticas em Espaços Verdes*. Câmara Municipal de Bragança.

Rigas, F., Mavridou, A., Zacharopoulos, A., (1998). Water quality of swimming pools in Athens area. *Int. J. Environ. Health Res.* 8, 253–260.

Sadoff, C.W., Hall, J.W., Grey, D., Aerts, J.C.J.H., Ait-Kadi, M., Brown, C., Cox, A., Dadson, S., Garrick, D., Kelman, J., McCornick, P., Ringler, C., Rosegrant, M., Whittington, D., & Wüberg, D. (2015). *Securing Water, Sustaining Growth*. Report of the GWP/OECD Task.

Santos, M. (2009), “Aproveitamento de águas pluviais: documentação legal em vigor. Indústria e Ambiente”, *Revista de Informação Técnica e Científica*, nº 59. PubliIndústria, Produção de Comunicação, Lda.

Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N. W., Clarke, D. B., Dankers, R., Eisner, S., Fekete, B. M., Colón-González, F. J., Gosling, S. N., Kim, H., Liu, X., Masaki, Y., Portmann, F. T., Satoh, Y., Stacke, T., Tang, Q., Wada, Y., Wisser, D., Albrecht, T., Frieler, K., Piontek, F., Warszawskia, L. and Kabatt, P. (2014). Multi-model Assessment of Water Scarcity under Climate Change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(9): 3245–3250.

SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) (2018), Estação Meteorológica Viatodos. Disponível em: <http://snirh.apambiente.pt/index.php?idRef=MTM4Ng==&findestacao=viatodos>. Acedido em 06.10.2017.

Soares, I., J. Couto, J. Moreira e C. Pinho (2015), “*Decisões de Investimento – Análise financeira de projetos*”, Portugal: Edições Sílabo.

Teo, T. L. L., H. M. Coleman and S. J. Khan (2015). "Chemical contaminants in swimming pools: Occurrence, implications and control." *Environment International* 76: 16-31.

Tomaz, Plínio (2010), *Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis*. Brasil: UOL.

UCAR (University Corporation for Atmospheric Research). (2011). “*The Water Cycle*”. Disponível em <https://scied.ucar.edu/longcontent/water-cycle>. Acedido em 20.01.2017.

UN-Water. (2006). *Coping with Water Scarcity: A Strategic Issue and Priority for System-wide Action*. United Nations-Water Thematic Initiatives.

UN-Water. (2007). *Coping with water scarcity: challenge of the twenty-first century*. United Nations-Water Thematic Initiatives.

UN-Water. (2013). *The Post-2015 Water Thematic Consultation Report: The World We Want*. United Nations-Water Thematic Initiatives, Nova Iorque.

UNWWAP (United Nations World Water Assessment Programm). (2016). *The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs*. Paris, UNESCO.

USEPA (US Environmental Protection Agency). (2006). National primary drinking water regulations: stage 2 disinfectants and disinfection by products rule: final rule. Fed. Regist. 71.

USGS (United States Geological Survey). (2016). *“How much water is there on, in, and above the Earth?”*. Disponível em <https://water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html>. Acedido em 20.01.2017.

Varzim Lazer. (2017). Documentação técnica facultada pelos serviços administrativos. Póvoa de Varzim.

Visitar Portugal (2017), *Distritos e Regiões Autónomas*. Disponível em <https://www.visitarportugal.pt/distritos/d-porto/c-povoa-varzim>. Acedido em 06.07.2017.

Ward, S., Barr, S., Butler, D., Memon., F.A. (2012). Rainwater harvesting in the UK: Socio-technical theory and practice. *Technological Forecasting & Social Change* 1354–1361.

WHO (World Health Organization). (2010). *GLAAS 2010: UN-water global annual assessment of sanitation and drinking-water: targeting resources for better results*, Genebra.

WWAP (World Water Assessment Programme). (2012). *The United Nations World Water Development 42 Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk*. Vol. 1. UNESCO, Paris.

WWAP (World Water Assessment Programme). (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. UNESCO, Paris.

Yaziz, M., Gunting, H., Sapiari, N., & Ghazali, A. (1989), "*Variation in rainwater quality from roof catchments*", Water Research, 23 (6), 761-5.

## **Legislação**

Diretiva CNQ n.º 23/93, de maio de 1993 - A Qualidade nas Piscinas de Uso Público. Conselho Nacional de Qualidade, Lisboa.

Decreto regulamentar n.º 5/97, de 31 de março – Aprova o regulamento das condições técnicas e de segurança dos Recintos com diversões aquáticas.

Decreto-Lei n.º 65/97 de 31 de março - Regime jurídico das instalações e o funcionamento dos recintos com diversões aquáticas.

Decreto-Lei n.º 141/2009, de 16 de junho - Regime jurídico das instalações desportivas de uso público.

Portaria n.º 1212/2010, de 13 de novembro - Regime jurídico a que ficam sujeitos a abertura, a modificação e o funcionamento das unidades privadas de saúde.

## Anexos

### Anexo I

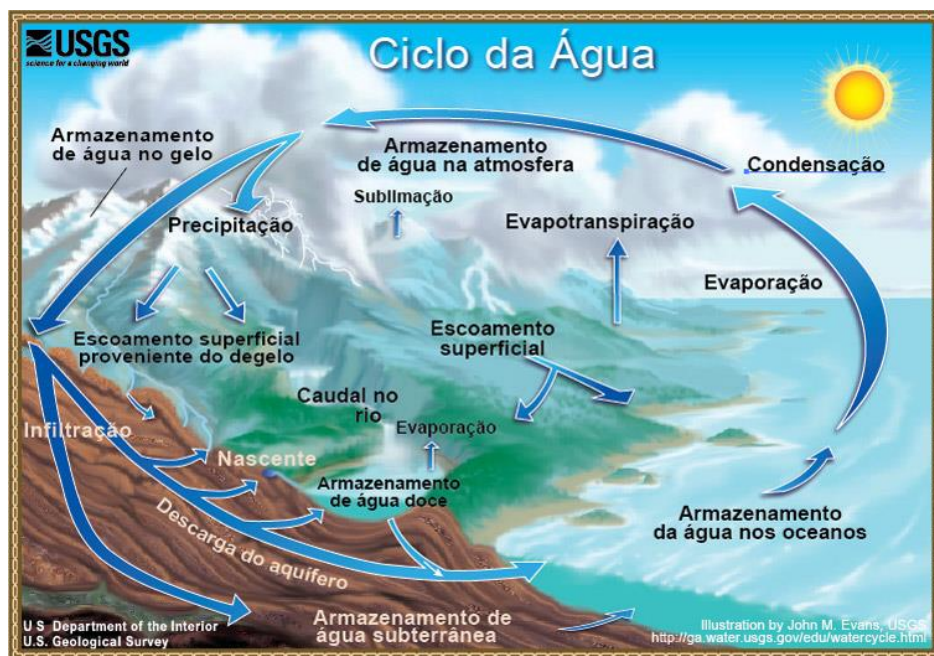


Figura 6 - Ciclo da Água  
Fonte: USGS, 2016

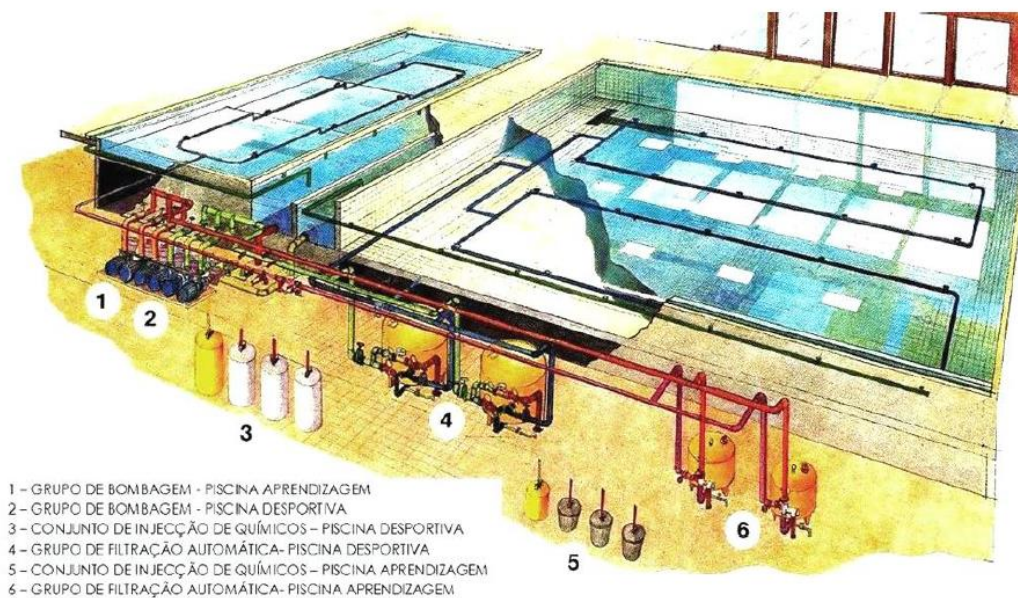


Figura 7 - Esquema de funcionamento de uma piscina  
Fonte: Faria, 2012



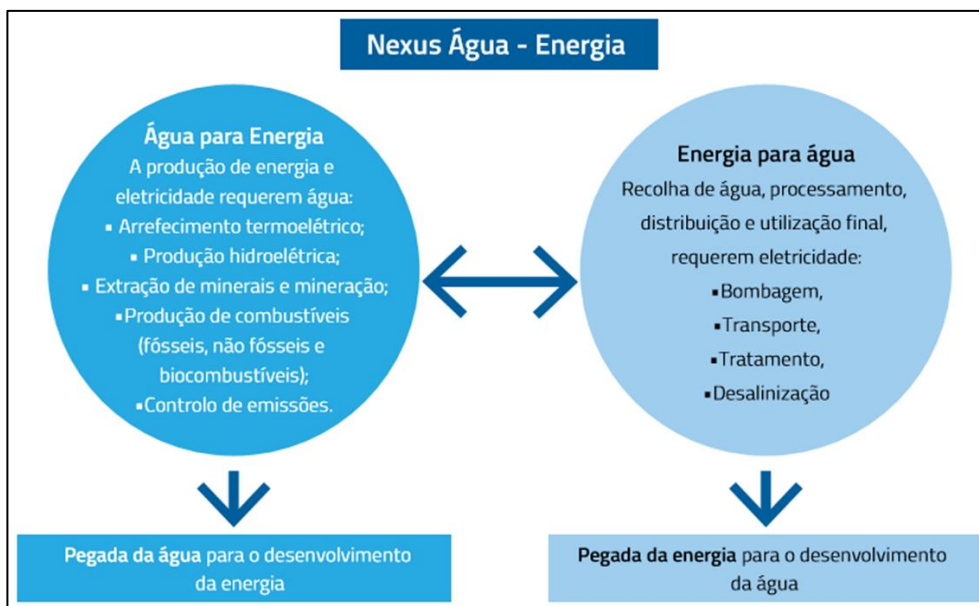


Figura 8 - Relação entre a água e a energia

Fonte: (Gregório et Martins, 2011)



Figura 9 - Cisternas romanas

Fonte: (Bertolo et al., 2008)



Figura 10 - Cisternas em Petra

Fonte: (Bertolo et Simões, 2008)



Figura 11 - Localização do concelho Póvoa de Varzim, freguesias e limites  
Fonte: Visitar Portugal, 2017

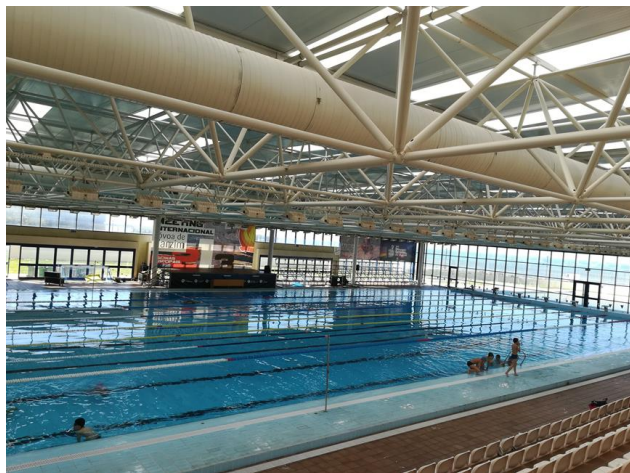


Figura 12 - Piscina Olímpica no interior do complexo



Figura 13 - Piscina de lazer no exterior do complexo



**Figura 14 - Zona de balneários para utilização pública**



**Figura 15 - Filtros de Areia com funcionamento automático da Piscina Exterior**



**Figura 16 - Filtros de Areia com funcionamento manual da Piscina Olímpica**



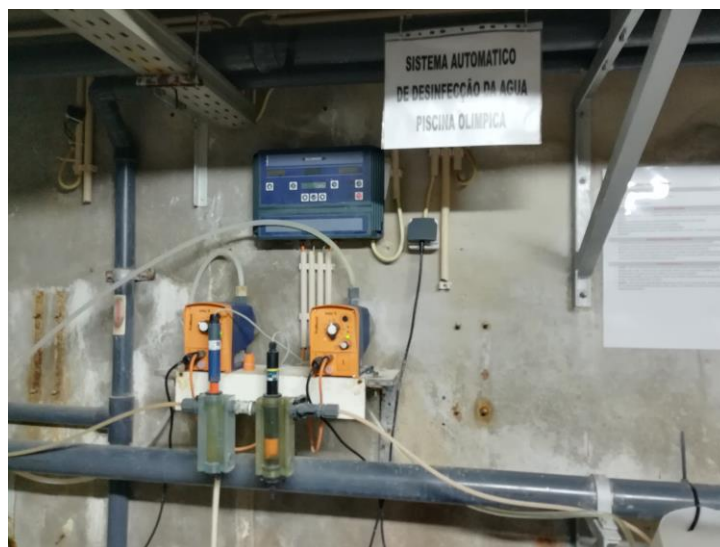


Figura 17 - Sistema de doseamento automático para desinfecção da água na piscina Olímpica



Figura 18 - Vista satélite do telhado do edifício das Piscinas Municipais da Póvoa de Varzim

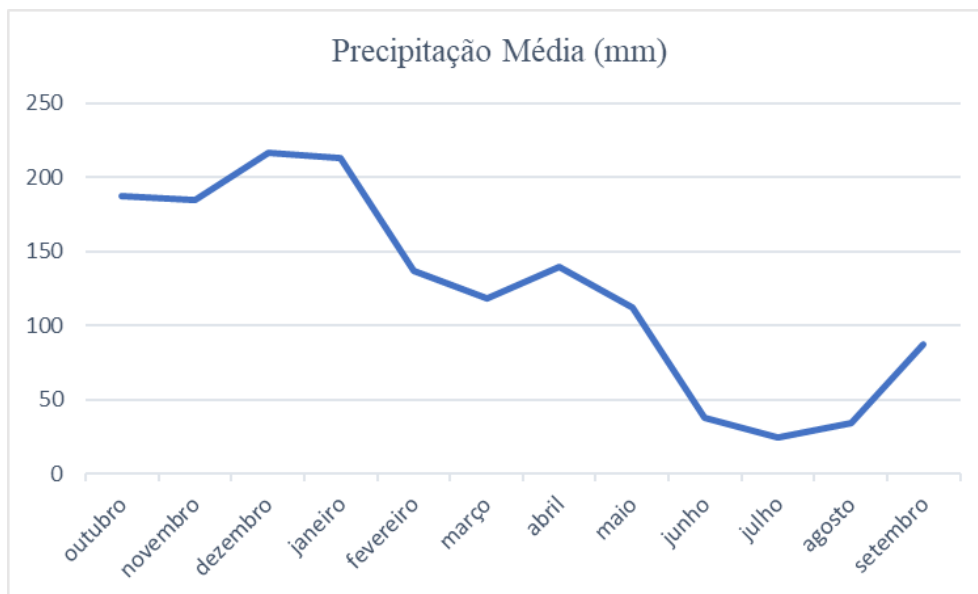


Figura 19 - Precipitação média mensal da Estação Meteorológica de Viatodos no período de 1986-2016



Figura 20 - Caixa de Grades  
Fonte: PremierTech, 2018



Figura 21 - Separador de Gorduras  
Fonte: PremierTech, 2018

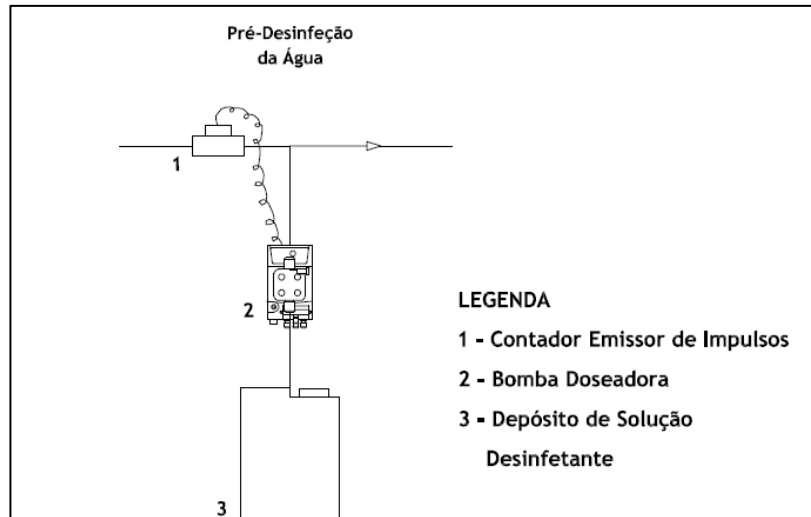


Figura 22 - Instalação típica dos sistemas de desinfecção da água



Figura 23 - Tanque de compensação da Piscina



Figura 24 - Depósito vertical  
Fonte: PremierTech, 2018

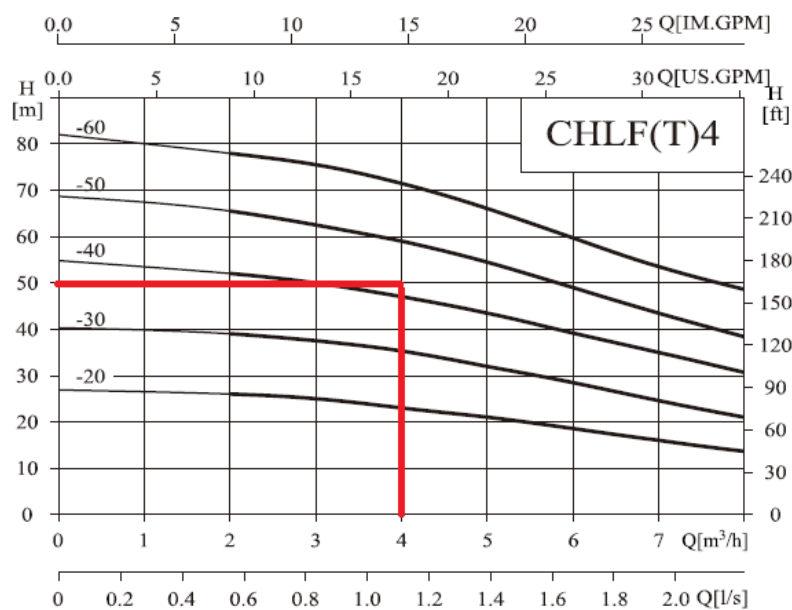


Figura 25 - Curva de *performance* da bomba de pressurização, modelo CHLF (T) 4  
Fonte: Hydroo, 2018

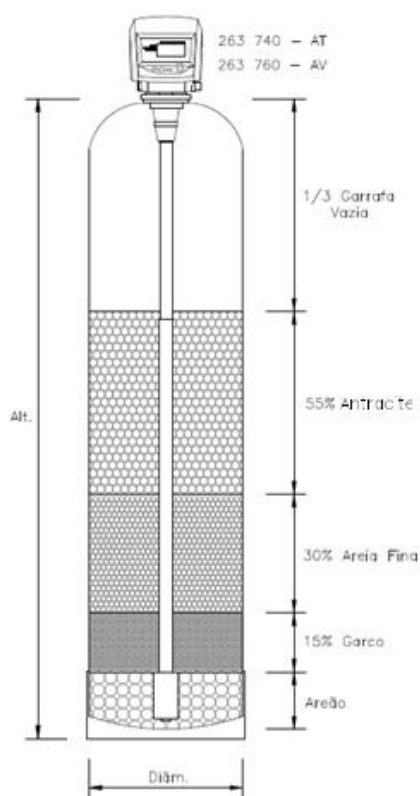


Figura 26 - Especificações típicas dos filtros multicamada  
Fonte: Aquaquímica, 2016

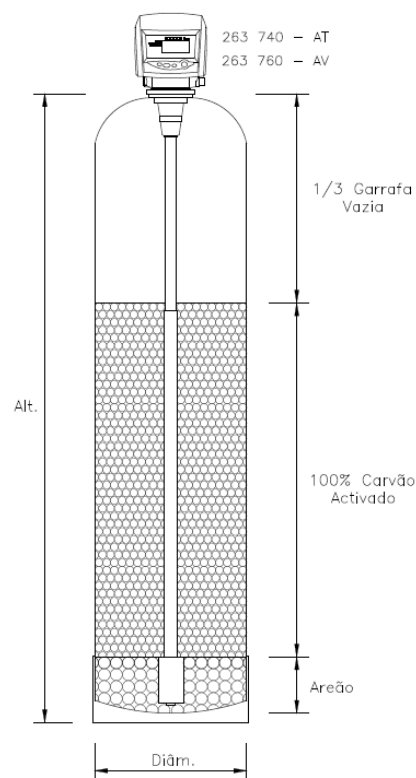


Figura 27 - Especificações típicas dos filtros de carvão ativado  
Fonte: Aquaquímica, 2016

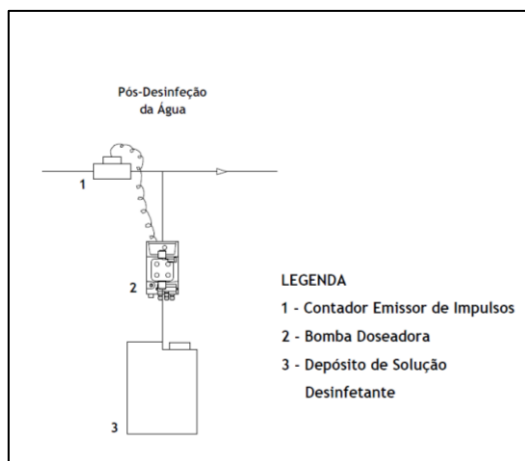


Figura 28 - Etapa 1 da pós-desinfecção da água

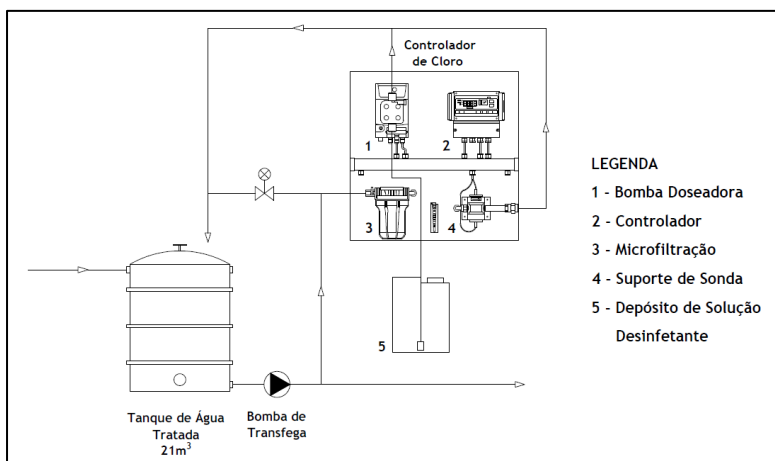


Figura 29 - Etapa 2 da pós-desinfecção da água



Figura 30 - Filtros Aqua Big,  
Fonte: Aquaquímica, 2016



Figura 31 - Aparelho Ultravioleta  
Fonte: Aquaquímica, 2016



Figura 32 - Representação dos fatores envolvidos na estimativa da Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ )  
Fonte: Ribeiro, 2010

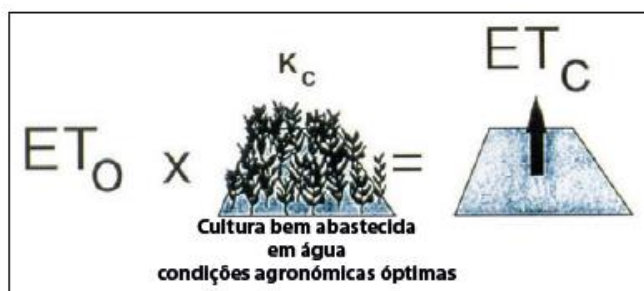


Figura 33 - Cálculo da Evapotranspiração da cultura  
Fonte: Ribeiro, 2010

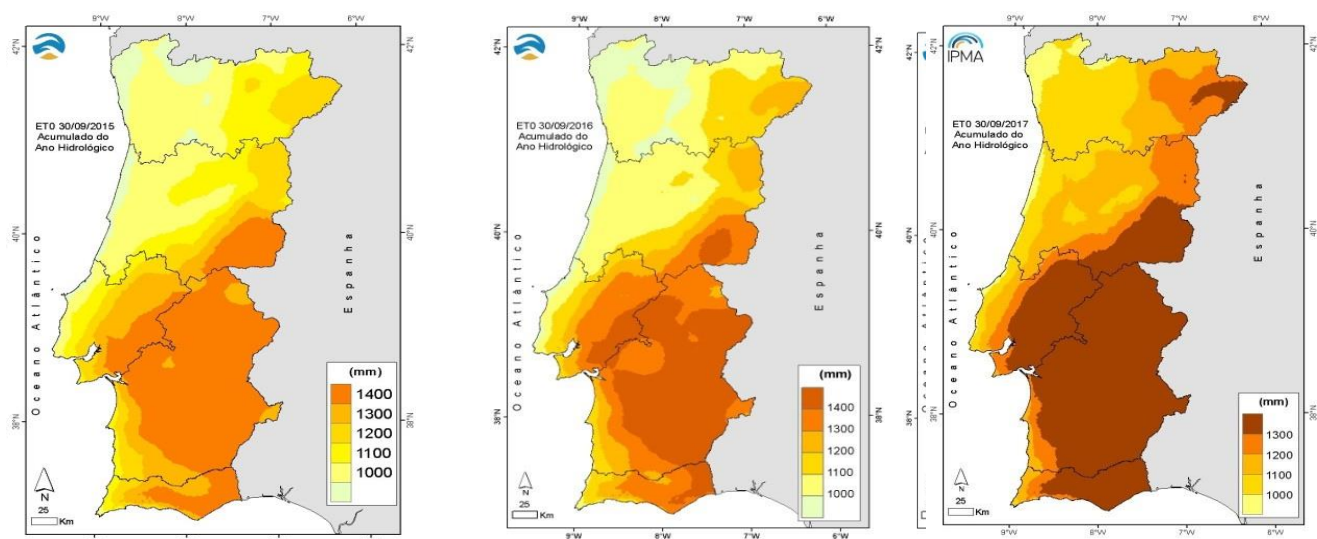


Figura 34 - Evapotranspiração acumulada do período de 2015-2017  
Fonte: IPMA, 2018

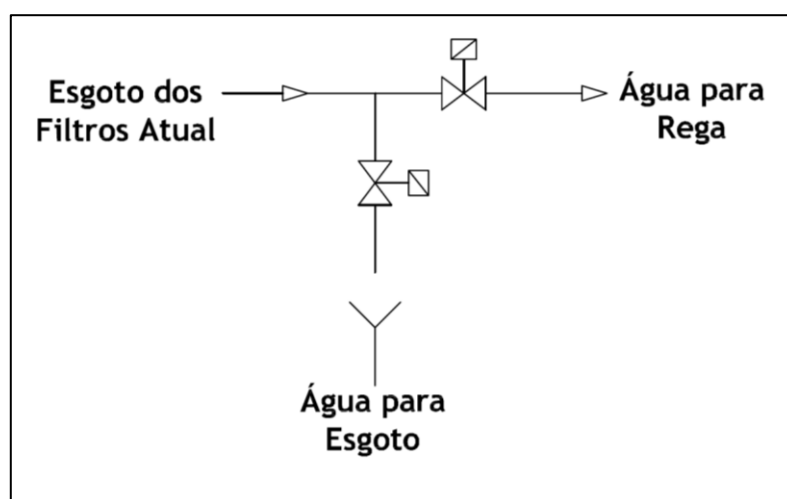


Figura 35 - Esquema do reaproveitamento da água para rega

## Anexo II

Tabela 28 - Consumo mensal de água (m³), no período 2014-2016  
Fonte: Varzim Lazer, 2017

	2014 (m³)	2015 (m³)	2016 (m³)	Consumo médio (m³)
janeiro	1223	1125	1075	1141
fevereiro	1135	1058	984	1059
março	1255	1109	960	1108
abril	1325	1021	1075	1140
maio	1192	1220	1451	1288
junho	1981	1289	1634	1635
julho	1554	1088	2092	1578
agosto	1375	689	2188	1417
setembro	1324	2567	1846	1912
outubro	1217	947	1591	1252
novembro	1303	943	1405	1217
dezembro	944	934	974	951
<b>Total Anual</b>	<b>15828</b>	<b>13990</b>	<b>17275</b>	<b>15698</b>

**Tabela 29 - Precipitação mensal (mm) da Estação Meteorológica de Viatodos no período de 1986-2016**  
**Fonte: SNIRH, 2018**

<b>Ano Hid.</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>
1986/87	65,4	182,1	139	125,1	291,9	145,9	327,8	10,4	27,7	28	84,2	143,9
1987/88	486,4	61,9	294,6	586,8	230	18,2	267,7	134,8	81	59,4	0,9	21,6
1988/89	186,4	42,5	55,9	41,7	215,3	126,2	119,8	54,7	65,7	0	8,6	4
1989/90	119,7	364	563,5	249,2	109,3	7,8	146,9	45,2	23,3	3	3,1	59,8
1990/91	474,4	70,7	135,5	312,7	201	369,3	61	42,7	9,3	23,4	53,7	56,8
1991/92	150,7	384,7	103,7	114,6	62,8	52,5	63,3	76,7	43,5	0	67,9	98,4
1992/93	121,6	89,4	251,9	38	27,3	64,7	222,5	418,9	122,4	6,1	16,9	281,8
1993/94	388,5	117,1	379,2	460,1	326,3	26,2	90,1	319,4	5,3	1,9	48,7	74,5
1994/95	198	307,3	138,7	301,3	274,2	105,8	55,1	92,4	8,7	29,5	7,5	32,9
1995/96	155,7	354,3	433,4	474,6	335,3	152	118,2	130,5	10,9	22,5	45,4	114,6
1996/97	95,4	254,3	243,9	186,3	107	0	72,4	279	115	37,8	80,7	1,2
1997/98	134,3	525,3	345,7	154,5	40,3	14,5	329,7	55	22,1	26	2,2	155,5
1998/99	81,1	80,8	132,7	123,6	38,4	80,8	153,1	109,6	21,5	14,7	67,4	313,9
1999/00	366,4	57,6	267,2	20,7	70,9	24,1	438,9	121,1	20,5	110,5	21,3	71,1
2000/01	137,7	394,3	581,9	491,8	153,5	755,5	110,7	108,3	12,3	37,2	15,7	57,5
2001/02	238,6	1,6	14	171,2	77,1	141,1	38,9	69,7	50,8	30,6	7,5	133,4
2002/03	253,6	386,5	356,5	403,4	-	-	*66*	*9*	49,9	14	51,2	5,1
2003/04	35,3	250,6	106,6	61,3	21,7	97	85,2	52,9	0	0,4	63,1	31,3
2004/05	225,6	26,3	52,2	29,3	21,1	74,9	34,9	1,9	26,4	14,6	0	64,9
2005/06	165,8	77,8	134,9	47	97,6	246,2	121	*9*	32,6	11,4	*9*	61,3
2006/07	17,4	269	215,1	57,1	217,6	82,1	37,7	59,6	59,2	50,6	27,2	22,3
2007/08	*9*	49,1	32,6	168,7	46,1	*9*	236,2	*9*	*9*	24,9	*9*	*9*
2008/09	48,2	50,8	125,7	215,7	103	20,6	72,1	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*
2009/10	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*
2010/11	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*
2011/12	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*
2012/13	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*
2013/14	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*
2014/15	*13*	*13*	*13*	*13*	98,9	40,4	*9*	*9*	17,3	17,9	*9*	122,2
2015/16	154,4	38,5	92,8	284,6	120,1	80,4	14,5	52,5	*1*	*1*	*1*	*1*

\*66\*: Período não monitorizado

\*9\*: Dados irrecuperáveis

\*13\*: Bateria descarregada

\*1\*: Sem dados no INAG



**Tabela 30 - Características Técnicas dos Separadores de Gorduras**  
**Fonte: PremierTech, 2018**

Referência	Caudal (L/seg.)	Volume (L)	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Altura (mm)	Tampa (mm)	Tubagem (mm)
<b>SG002</b>	2	1000	940	1600	1305	2 x 0400	DN 110
<b>SG004</b>	4	1900	940	2300	1305	2 x 0400	DN 110
<b>SG007</b>	7	2800	1350	2250	1600	2 x 0400	DN 160
<b>SG012</b>	12	5000	1520	2920	1820	2 x 0400	DN 200
<b>SG020</b>	20	8000	1840	3320	2140	2 x 0400	DN 200

**Tabela 31 - Características Técnicas das Bombas Doseadoras**  
**Fonte: Aquaquímica, 2016**

Modelo	Caudal (l/h)	Pressão (bar)	cc/imp.	Conexões	Imp/min	Peso
AT.AM 1	1,50	20,00	0,21	4x6/4x7 mm	120	3 Kg
	2,00	18,00	0,28			
	3,00	12,00	0,31			
AT.AM 2	4,00	10,00	0,42	4x6 mm	160	3 Kg
	5,00	8,00	0,52			
	8,00	2,00	0,83			
	7,00	16,00	0,39			
AT.AM 3	10,00	10,00	0,55	4x6 mm	300	4 Kg
	14,00	6,00	0,78			
	16,00	2,00	0,89			
	20,00	5,00	1,11			
AT.AM 4	22,00	4,00	1,22	8x12 mm	300	4 Kg
	35,00	2,00	1,94			
	50,00	0,1	2,78			

**Tabela 32 - Características Técnicas dos Filtros Multicamada**  
 Fonte: Aquaquímica, 2016

Modelo	Caudal (l/h)	Caudal Ponta (l/h)	Tipo de Regeneração	Volume do leito (l)	Dimensões (poleg.)		Tipo de Válvula
					Diâm.	Alt.	
F 7 AT 12	620	1240	AT	12	7	30	263-740F - 1"
F 8 AT 25	810	1620	AT	25	8	44	263-740F - 1"
F 10 AT 45	1250	2500	AT	45	10	54	263-740F - 1"
F 13 AT 70	2200	4400	AT	70	13	54	263-740F - 1"
F 14 AT 100	2500	5000	AT	100	14	65	263-740F - 1"
F 16 AT 125	3000	5500	AT	125	16	65	263-740F - 1"
F 18 AT 170	4000	5500	AT	170	18	65	278-742 - 1"
F 21 AT 210	5500	5500	AT	210	21	62	278-742 - 1"

**Tabela 33 - Características Técnicas dos Filtros de Carvão Ativado**  
 Fonte: Aquaquímica, 2016

Modelo	Remoção Mat. Orgânica		Remoção Cloro (m³/h)	Caudal Ponta (m³/h)	Tipo Regen.	Volume Leito (l)	Dimensões (poleg.)		Tipo Válvula
	Min. (m³/h)	Máx. (m³/h)					Diâm.	Alt.	
CA 16 AT 125	1,2	2	3,25	6,5	AT	125	16	65	MG-742F 1 1/2"
CA 18 AT 170	1,5	2,5	4,1	8,2	AT	170	18	65	MG-742F 1 1/2"
CA 21 AT 210	2	3,4	5,6	11,2	AT	210	21	62	MG-742F 1 1/2"
CA 24 AT 300	2,6	4,4	7,3	14,6	AT	300	24	72	MG-742F 1 1/2"
CA 30 AT 470	4,1	6,8	11,4	18,2	AT	470	30	72	MG-742F 1 1/2"
CA 36 AT 700	5,9	9,8	16,4	18,2	AT	700	36	72	MG-742F 1 1/2"

Tabela 34 - Características Técnicas dos Aparelhos de Ultravioleta  
Fonte: Aquaquímica, 2016

Equipamento	In/Out	Caudal Máx. (m <sup>3</sup> /h)	Nº Lamp.	Potência Watt
Alfa 4.5	1"	4.5	2	80
Alfa 6	2"	6	2	80
Alfa 8	2"	8	3	120
Alfa 14	2"	14	4	160
Alfa 20	2"	20	5	200

Tabela 35 - Coeficientes de Culturas para Rega  
Fonte: Ribeiro, 2010

Espécie	Valores de Kc	
	Baixo *	Alto *
Vinha (semelhante a arbustos)	0,6	0,8
Oliveira	0,58	0,8
Citrinos	0,65	
Relvados (media da estação quente/fria)	0,7	
Árvores (folha caduca)	0,5	0,97
Árvores (folha caduca com coberto vegetal)	0,98	1,27

\* Os valores baixos são para árvores temporãs (março/abril) e os altos para a média estação (maio/junho).

**Anexo III - Custo de Investimento para ETA de 2,5 m<sup>3</sup>/h**

<b>EQUIPAMENTO</b>	<b>QUANTIDADE (Un)</b>	<b>PREÇO UNITÁRIO (€)</b>	<b>PREÇO TOTAL (€)</b>
Caixa de Gradagem	2	390,00 €	780,00 €
Separador de Gorduras com Decantador	1	680,00 €	680,00 €
Contador Emissor de Impulsos - 1"	2	150,00 €	300,00 €
Bomba Doseadora AT.AM2	2	235,00 €	470,00 €
Depósito Calibrado de 100L	2	63,00 €	126,00 €
Depósito de Água Bruta de 21 m <sup>3</sup>	1	5 550,00 €	5 550,00 €
Grupo de Bombagem de Água Bruta	2	450,00 €	900,00 €
Filtro Multicamada com garrafa 18"	1	1 402,00 €	1 402,00 €
Filtro Carvão Ativado com garrafa 24"	1	3 000,00 €	3 000,00 €
Painel Controlo de Cloro	1	1 900,00 €	1 900,00 €
Tanque de Água Tratada de 21 m <sup>3</sup>	1	5 550,00 €	5 550,00 €
Filtro Aqua Big 20"	2	130,00 €	260,00 €
Aparelho Ultravioletas, modelo Alfa 4.5	1	910,00 €	910,00 €
Bomba Tranfega	1	267,00 €	267,00 €
Montagem	-	-	1 700,00 €
Quadro Elétrico	1	300,00 €	300,00 €
Rede de Água Pluviais	-	-	2 800,00 €
<b>Total</b>			<b>26 895,00 €</b>

## Anexo IV - Horário Energético do Complexo das Piscinas Municipais PVZ

Ciclo semanal opcional para MAT, AT e MT em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	17.00/22.00 h	Ponta:	14.00/17.00 h
Cheias:	00.00/00.30 h	Cheias:	00.00/00.30 h
	07.30/17.00 h		07.30/14.00 h
	22.00/24.00 h		17.00/24.00 h
Vazio normal:	00.30/02.00 h	Vazio normal:	00.30/02.00 h
	06.00/07.30 h		06.00/07.30 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	10.30/12.30 h	Cheias:	10.00/13.30 h
	17.30/22.30 h		19.30/23.00 h
Vazio normal:	00.00/03.00 h	Vazio normal:	00.00/03.30 h
	07.00/10.30 h		07.30/10.00 h
	12.30/17.30 h		13.30/19.30 h
	22.30/24.00 h		23.00/24.00 h
Super vazio:	03.00/07.00 h	Super vazio:	03.30/07.30 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/04.00 h	Vazio normal:	00.00/04.00 h
	08.00/24.00 h		08.00/24.00 h
Super vazio:	04.00/08.00 h	Super vazio:	04.00/08.00 h

## Anexo V - Média ponderada das horas de funcionamento da ETA: 5 m³/h

Período de horário	De segunda-feira a sexta-feira (horas)	Sábado (horas)	Domingo (horas)	Média Ponderada
Super vazio	4,00	4,00	4,00	4,00
Vazio	3,00	13,25	20,00	6,89
Cheias	13,75	6,75	0,00	10,79
Ponta	3,25	0,00	0,00	2,32
Total	24	24	24	24

**Anexo VI - Média do volume de água aproveitada mensalmente, desde 1986-2016, em m<sup>3</sup>,  
com o Coeficiente de Run-off**

Meses	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
m³	1421,2	1405,24	1645,4	1621,08	1040,44	900,6	1063,24	849,68	285	186,2	256,12	665,76
Total Anual: 11 340 m³												

Anexo VII - Croquis do Projeto do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

